

FREDERICK ENGELS



DIALEKTIKA ALAM

seri buku ilmiah



HASTA MITRA
penerbit buku bermutu

Dialektika Alam

FREDERICK ENGELS

KATA PENGANTAR LAMA PADA ANTI-DUHRING TENTANG DIALEKTIKA

Karya berikut ini sama sekali tidak berasal dari suatu "dorongan kalbu". Sebaliknya, temanku Liebkecht dapat bersaksi akan usahanya yang keras untuk membujuk diriku mengarahkan sorotan kritik pada teori paling baru Herr Dühring mengenai sosialisme. Sekali kuputuskan untuk melakukan hal itu, aku tidak mempunyai pilihan lain kecuali menyelidiki teori ini, yang mengklaim merupakan buah praktikal terakhir dari suatu sistem filosofikal baru, dalam kaitannya dengan sistem ini, dan dengan demikian memeriksa sistem itu sendiri. Karenanya aku terpaksa mengikuti Herr Dühring ke dalam wilayah yang sangat luas, di mana ia berbicara mengenai segala hal yang mungkin dan mengenai hal-hal lain pula. Itulah menjadi asal-usul serentetan karangan yang muncul dalam *Vorwärts* Leipzig dari awal tahun 1877 dan seterusnya dan disajikan di sini sebagai suatu kesatuan yang berangkaian.

Apabila, karena sifat hal-ikhwalnya, kritik atas sebuah sistem, yang begitu sangat tidak berarti sekalipun segala puji-pujian diri, disajikan dengan begitu terinci, maka ada dua keadaan boleh disebutkan sebagai permaafan. Di satu pihak kritik ini memberikan kesempatan padaku untuk menguraikan --dalam bentuk positif-- pandanganku di berbagai bidang mengenai masalah-masalah kontroversial yang dewasa ini mempunyai makna ilmiah yang sangat umum atau praktikal. Dan, sekali sedikitpun tidak terpikirkan olehku sebuah sistem lain sebagai sebuah alternatif pada sistem Herr Dühring, diharapkan bahwa, sekalipun beraneka-ragam bahan yang telah kuperiksa, para pembaca tidak akan luput melihat antar-kaitan yang juga terkandung dalam pandangan-pandangan yang telah kuajukan.

Di pihak lain, Herr Dühring yang "pencipta-sistem" sama sekali bukanlah sebuah gejala terisolasi dalam Jerman masa-kini. Sudah beberapa lamanya di negeri itu, sistem-sistem filosofikal, terutama natural-filosofikal telah bermunculan berlusin-lusin bagaikan jamur di musim hujan, belum lagi kita sebutkan sistem-sistem baru yang

tak terhitung banyaknya mengenai politik, ekonomi, dsb. Presis seperti di negara modern, dianggap bahwa setiap warganegara berkemampuan menjatuhkan keputusan akan segala permasalahan yang mengenainya ia dipanggil untuk memberikan suaranya; dan presis seperti itu dalam ekonomi dianggaplah bahwa setiap pembeli adalah seorang ahli mengenai semua barang-dagangan yang bertepatan dibelinya untuk kepentingannya sendiri--anggapan-anggapan serupa itulah kini mesti diputuskan dalam ilmu-pengetahuan. Setiap orang dapat menulis mengenai segala hal dan "kebebasan ilmu" justru terdiri atas orang-orang yang dengan sengaja menulis mengenai hal-hal yang tidak mereka pelajari dan mengemukakannya sebagai satu-satunya metode yang benar-benar ilmiah. Namun Herr Dühring adalah salah satu tipe paling karakteristik dari ilmu-semu yang penuh-sok ini, yang di Jerman dewasa ini di mana-mana mendesakkan dirinya ke depan dan menenggelamkan segala sesuatu dengan omong-kosong muluk-muluk yang gegap-gempita. Omong-kosong sublim dalam puitri, dalam filsafat, dalam ekonomi, dalam historiografi; omong-kosong muluk-muluk yang mengklaim suatu keunggulan dan kedalaman pemikiran dalam membedakannya dari omong-kosong pasaran yang sederhana dari bangsa-bangsa lain; omong-kosong muluk-muluk, produk massal paling karakteristik dari industri intelektual Jerman -- murah tapi buruk-- persis seperti barang-barang buatan-Jerman lainnya, hanya ia, malangnya, tidak dipamerkan bersama-sama di Philadelphia.²⁶ Bahkan sosialisme Jerman akhir-akhir ini, teristimewa sejak contoh bagus dari Herr Dühring, telah gemar melakukan sejumlah besar omong-kosong muluk-muluk; kenyataan bahwa gerakan praktikal Sosial-Demokratik begitu pelit membiarkan dirinya disesatkan oleh omong-kosong muluk-muluk ini merupakan sebuah bukti lagi mengenai keadaan kesehatan yang luar biasa dari klas pekerja kita di sebuah negeri di mana, kecuali ilmu-pengetahuan alam, hampir segala sesuatu pada waktu sekarang sedang berpenyakitan.

Ketika Nägeli, dalam pidatonya pada pertemuan para sarjana ilmu-alam di Munich, menyarakkan gagasan bahwa pengetahuan manusia tidak akan pernah memperoleh watak kemaha-tahuan,²⁷ ia pasti tidak mengetahui mengenai prestasi-prestasi Herr Dühring. Prestasi-

prestasi ini telah memaksa diriku mengikutinya ke dalam sejumlah bidang di mana aku paling-paling dapat bergerak dalam kapasitas seorang dilettante (pemerhati tetapi belum ahli). Ini terutama berlaku bagi berbagai cabang ilmu-pengetahuan alam, di mana hingga kini seringkali dianggap sebagai kepongahan bagi seseorang "awam" untuk ikut mengatakan sesuatu. Namun, aku sedikit banyak diberanikan, oleh sebuah ungkapan yang diucapkan --juga di Munich-- oleh Herr Virchow dan di tempat lain didiskusikan secara lebih terinci, bahwa di luar bidang keahliannya sendiri, setiap sarjana alam hanyalah seorang setengah-pemula,²⁸⁾ *vulgo*: awam. Tepat sebagaimana seorang ahli seperti itu dapat dan mesti memberanikan diri kadang-kadang melanggar bidang-bidang bertetangga, dan diberi kelonggaran di sana oleh para ahli bersangkutan dalam hal kurang-cermatan kurang-cermatan kecil dan kecanggungan dalam pengungkapan, maka telah kuberanikan diriku mengutip/menyitat proses-proses alamiah dan hukum-hukum alam sebagai contoh-contoh untuk membuktikan pandangan-pandangan teoretikalku secara umum, dan aku berharap bahwa diriku memperoleh kelonggaran-kelonggaran serupa.*) Hasil-hasil yang dicapai oleh ilmu pengetahuan alam modern memaksakan diri pada setiap orang yang berurusan dengan masalah-masalah teoretikal dengan kekuatan tak-terelakkan yang sama yang mendorong ilmuwan alam dewasa ini mau-tak-mau pada kesimpulan-kesimpulan teoretikal umum. Dan di sini terjadilah suatu kompensasi tertentu. Apabila para ahli teori merupakan setengah-pemula di bidang ilmu pengetahuan alam, maka para sarjana alam dewasa ini sesungguhnya sama setengah-pemulanya di bidang teori, dalam bidang yang hingga kini disebut filsafat.

Dalam setiap kurun, dan karenanya juga dalam kurun kita, pikiran teoretikal merupakan sebuah produk historikal, yang pada waktu-waktu berlainan mengambil bentuk-bentuk yang sangat berbeda dan, dengan begitu, isi/kandungan yang sangat berbeda pula. Ilmu mengenai pikiran karenanya, seperti semua ilmu lainnya, adalah suatu ilmu-pengetahuan historikal, ilmu-pengetahuan mengenai perkembangan historikal pikiran manusia. Dan ini juga penting sekali bagi penerapan pikiran secara praktikal di bidang-bidang empirikal. Karena, pertama-tama, teori hukum-hukum pikiran sama

sekali bukanlah sebuah "kebenaran abadi" yang ditegakkan sekali dan untuk selamanya, sebagaimana penalaran filistine membayangkannya dengan kata "logika." Logika formal itu sendiri telah menjadi medan kontroversi yang sengit dari zaman Aristoteles hingga sekarang. Dan dialektika sejauh ini telah diteliti secara cukup mendalam hanya oleh dua pemikir, Aristoteles dan Hegel. Adalah justru dialektika itu yang merupakan bentuk pemikiran yang paling penting bagi ilmu pengetahuan-alam masa kini, karena hanya dialektika itulah menawarkan analogi bagi, dan dengan demikian metode penjelasan dari proses-proses evolusioner yang terjadi dalam alam, antar-kaitan antar-kaitan pada umumnya, dan transisi-transisi dari satu bidang penelitian ke bidang penelitian lainnya.

Kedua, suatu pengenalan dengan jalannya evolusi pikiran manusia secara historikal, dengan pandangan-pandangan mengenai antar-kaitan antar-kaitan umumnya di dunia eksternal yang diungkapkan pada berbagai waktu, diperlukan/disyaratkan oleh ilmu-pengetahuan alam secara teoretikal karena alasan tambahan bahwa ia memenuhi sebuah kaidah mengenai teori-teori yang dikemukakan oleh ilmu itu sendiri. Namun, di sini kurangnya pengenalan sejarah filsafat cukup sering dan secara mencolok dipamerkan. Proposisi-proposisi yang diajukan dalam filsafat berabad-abad yang lalu, yang acapkali telah lama dikesampingkan secara filosofikal, seringkali dikemukakan oleh para ilmuwan alam yang berteori sebagai kearifan baru-"gres" dan bahkan telah menjadi mode untuk beberapa waktu lamanya. Memang suatu prestasi besar dari teori mekanikal tentang panas yang telah memperkuat azas mengenai konservasi energi dengan pengajuan bukti-bukti segar dan pengedeapannya kembali secara menonjol; tetapi mungkinkah azas ini muncul ke permukaan sebagai sesuatu yang mutlak baru jika para ahli fisika yang terhormat itu teringat kembali bahwa hal itu telah sudah dirumuskan oleh Descartes? Karena fisika dan kimia sekali lagi beroperasi nyaris secara eksklusif dengan molekul-molekul dan atom-atom, maka mau tidak mau filsafat atomik Yunani kuno telah tampil kembali ke depan. Namun betapa dangkalnya itu diperlakukan oleh yang terbaik di antara mereka! Demikianlah Kekulé berkata pada kita (*Ziele und Leistungen der Chemie*) bahwa Democritus, yang semestinya Leucippus, yang melahirkannya, dan ia berkukuh bahwa Dalton

ialah yang paling pertama menyatakan keberadaan (eksistensi) atom-atom elementer yang secara kualitatif berbeda-beda dan adalah yang pertama pula menjulukkan pada atom-atom itu berat-bobot berbeda-beda yang menjadi sifat berbagai unsur. Padahal, setiap orang dapat membaca dalam Diogenes Laertius (X, §§ 43-44 dan 61)²⁸ bahwa Epicurus sudah menyatakan pada atom-atom itu perbedaan-perbedaan --tidak saja mengenai kebesaran (magnitude) dan bentuk, melainkan juga mengenai "berat," yaitu, ia dengan caranya sendiri sudah mengenal berat atomik dan volume atomik.

Tahun 1848, yang sebenarnya tidak membawa apapun hingga suatu ketuntasan di Jerman, di Jerman sana hanya menghasilkan sebuah revolusi di bidang filsafat. Dengan terjun ke dalam bidang yang praktikal, dengan mendirikan permulaan-permulaan industri modern dan pengecohan, dengan memprakarsai kemajuan perkasa yang dialami ilmu-pengetahuan alam di Jerman dan yang dilantik oleh para pengkhotbah keliling yang seperti-karikatur, yaitu Vogt, Büchner, dan sebagainya, bangsa Jerman itu dengan tegas membalikkan dirinya dari filsafat klasik Jerman yang telah tersesat di padang pasir Hegelianisme-Lama Berlin. Hegelianisme-Lama Berlin memang layak menerima (perlakuan)itu. Tetapi suatu bangsa (nasion) yang berniat mencapai puncak-puncak ilmu-pengetahuan tidak mungkin berhasil tanpa pikiran teoretikal. Tidak hanya Hegelianisme, tetapi juga dialektika dibuang ke laut --dan itu justru pada saat sifat dialektikal dari proses-proses alamiah tanpa dapat ditahan memaksakan dirinya pada pikiran, manakala--karenanya--hanya dialektika dapat membantu ilmu-pengetahuan alam dalam menyeberangi bergunung-gunung teori-- maka itu timbullah suatu kelengangan tak-berdaya dalam metafisika-lama. Yang berlaku di kalangan umum sejak itu ialah, di satu pihak, refleksi-refleksi hambar akan Schopenhauer, yang digayakan bagi kesesuaian kaum filistin, dan kemudian bahkan bagi Hartmann; dan di pihak lainnya, materialisme vulgar pengkhotbah-keliling dari seorang Vogt dan seorang Büchner. Di universitas-universitas, varitas-varitas eklektisisme yang paling beraneka-ragam bersaing satu sama lain dan hanya memiliki satu kesamaan, yaitu, bahwa kesemuanya itu hanya diramu dari sisa-sisa filsafat-filsafat lama dan bahwa kesemuanya itu sama-sama metafisikal. Segala yang diselamatkan

dari sisa-sisa filsafat klasik adalah suatu neo-Kantianisme tertentu, yang kata-akhirnya ialah "benda-dalam-dirinya-sendiri" (thing-in-itself) yang selama-lamanya tidak-dapat-diketahui, yaitu, sekeping dari Kant yang paling tidak layak dilestarikan. Hasil akhirnya ialah inkohereni (kengawuran/kekacauan) dan kebingungan pikiran teoretikal yang kini berkuasa.

Orang nyaris tidak dapat memungut sebuah buku teori mengenai ilmu-pengetahuan alam tanpa memperoleh kesan bahwa para sarjana alam itu sendiri merasa betapa mereka itu dikuasai oleh kekacauan dan kebingungan itu, dan bahwa apa yang dinamakan filsafat yang kini beredar, sama sekali tidak menawarkan suatu jalan keluar kepada mereka. Dan di sini memang benar-benar tidak ada jalan keluar, tidak ada kemungkinan untuk mencapai kejelasan, kecuali dengan berbalik, dengan suatu atau lain bentuk, dari pemikiran metafisika kepada pemikiran dialektikal.

Balik pada pemikiran dialektikal ini dapat berlangsung dalam berbagai cara. Ia dapat terjadi secara spontan, semata-mata karena kekuatan penemuan-penemuan ilmu-alam itu sendiri, yang menolak untuk membiarkan dirinya dipaksa ke dalam alas metafisika Procrustean lama. Tetapi itu suatu proses berkepanjangan yang menyita banyak tenaga, yang selama itu disertai sejumlah sangat banyak pergesekan tak-perlu yang mesti ditanggulangi. Sampai batas yang jauh proses itu sudah berlangsung, terutama dalam biologi. Ia dapat sangat dipersingkat jika para ahli teori di bidang ilmu-pengetahuan alam lebih mengakrabkan diri mereka dengan filsafat dialektikal dalam bentuk-bentuk yang telah ada secara historikal. Di antara bentuk-bentuk ini terdapat dua buah yang mungkin istimewa bermanfaat bagi ilmu-pengetahuan alam modern.

Yang pertama ialah filsafat Yunani. Di sini pikiran dialektikal masih tampil dalam kesederhanaannya yang murni, masih belum terganggu oleh rintangan-rintangan penuh pukauan yang dipasang oleh metafisika abad ke tujuhbelas dan ke delapanbelas--Bacon dan Locke di Inggris, Wolff di Jerman-- dengan jalannya sendiri, dan yang dengan itu membendung kemajuannya sendiri, dari suatu pemahaman mengenai yang bagian pada suatu pemahaman mengenai yang menyeluruh, pada suatu wawasan mengenai antar-

keterkaitan umum benda-benda. Di antara orang-orang Yunani -- hanya karena mereka belum cukup maju untuk membedah, menelaah alam--alam masih dipandang sebagai suatu keutuhan, pada umumnya. Keterkaitan universal dari gejala-gejala alam tidak terbukti dalam hal partikular-partikular; bagi orang-orang Yunani ia adalah hasil dari kontemplasi langsung. Di sinilah letak ketidak-sepadannya (kekurangan) filsafat Yunani, yang karenanya, ia kemudian mesti mengalah pada gaya-gaya pandangan lain mengenai dunia. Tetapi di sini juga letak keunggulannya di atas semua lawan metafisikal mereka berikutnya. Apabila metafisika Yunani benar dalam hal partikular-partikular, maka dalam hal metafisika orang-orang Yunani itu benar pada umumnya. Itulah sebabnya mengapa kita dalam filsafat diharuskan, seperti juga di begitu banyak bidang lainnya, untuk kembali dan kembali lagi pada prestasi-prestasi orang-orang kecil yang bakat-bakat universal dan kegiatannya memastikan kepadanya suatu tempat di dalam sejarah perkembangan manusia yang tidak akan pernah dapat diklaim oleh orang-orang lain. Namun, sebab lainnya ialah, bahwa aneka bentuk filsafat Yunani dalam embrionya mengandung, dalam keadaan awal kelahirannya, hampir semua cara pandangan mengenai dunia di masa-masa kemudian. Karena itu, ilmu-pengetahuan alam teoretikal juga dipaksa untuk kembali pada orang-orang Yunani apabila ia berhasrat menjejaki kembali sejarah asal-usul dan perkembangan azas-azas umum yang dipakainya dewasa ini. Dan wawasan ini semakin mendesakkan dirinya ke depan. Telah menjadi semakin langka contoh-contoh mengenai para sarjana ilmu-alam yang, sambil sendiri menggarap fragmen-fragmen filsafat Yunani, misalnya atomika, seperti dengan kebenaran-kebenaran abadi, memandang rendah orang-orang Yunani dengan kecongkakan Baconian, karena orang-orang Yunani itu tidak memiliki ilmu-pengetahuan alam empirikal. Bagi wawasan ini saja jauh lebih baik untuk melangkah pada suatu pengenalan yang sungguh-sungguh akan filsafat Yunani.

Bentuk dialektika yang kedua, yaitu yang paling dekat pada para naturalis Jerman, ialah filsafat Jerman klasik, dari Kant hingga Hegel. Di sini sudah dilakukan suatu permulaan, yaitu bahwa telah menjadi mode untuk kembali pada Kant, bahkan terpisah dari neo-

Kantianisme yang disebut di muka. Sejak pengungkapan bahwa Kant adalah pengarang dari dua hipotesis yang brilian, tanpa mana ilmu-pengetahuan alam teoretikal dewasa ini jelas-jelas tidak dapat maju--teori, yang tadinya diumumkan pada Laplace, mengenai asal-usul sistem matahari dan teori mengenai penghambatan peredaran (rotasi) bumi oleh pasang-surut--Kant kembali dihormati oleh kalangan sarjana ilmu-alam, sebagaimana yang memang layak diterima oleh Kant. Namun mempelajari dialektika dalam karya-karya Kant akan merupakan suatu tugas yang sia-sia bersusah-payah dan berganjaran-kecil, karena kini telah terdapat, dalam karya-karya "Hegel," suatu kompendium yang serba-lengkap mengenai dialektika, sekalipun itu dikembangkan dari suatu titik-keberangkatan yang sama sekali salah.

Setelah--di satu pihak--reaksi terhadap "filsafat alam" melepas dayanya dan merosot menjadi sekedar cercaan--suatu reaksi yang terutama dibenarkan oleh titik-keberangkatan yang salah ini dan degenerasi tak-berdaya dari Hegelianisme Berlin; dan sesudah, di pihak lain, ilmu-pengetahuan alam secara teramat mencolok ditinggalkan dalam keterpurukan oleh metafisika eklektik dewasa ini sehubungan dengan persyaratan-persyaratan teoretikalnya, barangkali ada kemungkinan untuk sekali lagi menyebut nama Hegel di depan para sarjana ilmu-alam tanpa memancing tarian St. Vitus yang dengan begitu mengasyikkan diperagakan oleh Herr Dühring.

Pertama-tama sekali mesti ditegaskan bahwa masalahnya di sini sama sekali bukanlah hal mempertahankan titik-berangkat Hegel: bahwa jiwa, pikiran, ide, adalah primer dan bahwa dunia real hanyalah sebuah salinan (copy) dari ide itu. Feuerbach sudah meninggalkan hal itu. Kita semua sependapat, bahwa di setiap bidang ilmu-pengetahuan, dalam ilmu-pengetahuan alam maupun ilmu pengetahuan historikal, orang mesti mulai dari "faktum-faktum" (fakta) tertentu, dalam ilmu-pengetahuan alam, karenanya, dari berbagai bentuk material dan berbagai bentuk gerak materi;*) bahwa karena itu, juga dalam ilmu-pengetahuan alam antar-keterkaitan antar-keterkaitan tidak boleh dibangun ke dalam fakta,

melainkan mesti ditemukan di dalamnya, dan manakala ditemukan, mesti diverifikasi sejauh mungkin lewat eksperimen.

Ia juga bukan masalah mempertahankan isi dogmatik dari sistem Hegelian sebagaimana itu dikhotbahkan oleh para Hegelian Berlin dari aliran yang lebih tua dan aliran yang lebih muda. Maka itu, dengan jatuhnya titik-berangkat idealis, sistem yang dibangun di atasnya, khususnya filsafat alam Hegelian, juga ikut jatuh. Namun mesti diingatkan, bahwa polemik para sarjana ilmu-pengetahuan alam terhadap Hegel, sejauh mereka memang memahami Hegel secara tepat, semata-mata ditujukan terhadap kedua hal ini: yaitu, titik-berangkat idealis itu, dan konstruksi (rancang-bangun) sistem itu yang sewenang-wenang dan mengingkari fakta. Setelah semua ini dijadikan pertimbangan, masih tersisalah dialektika Hegel. Adalah jasa Marx bahwa, berlawanan dengan Eníyovo yang cuma sedang-sedang, congkak, rewel, yang kini berbicara besar di Jerman yang berkebudayaan,²⁸ ia yang pertama kali mengedepankan kembali metode dialektikal yang telah dilupakan, kaitannya dengan dialektika Hegelian dan perbedaannya dari yang tersebut belakangan itu, dan sekaligus telah menerapkan metode ini dalam *Capital* pada/atas faktum-faktum suatu ilmu-pengetahuan empirikal, ekonomi politik. Dan ia melakukannya sedemikian berhasil sehingga, bahkan di Jerman, aliran ekonomi yang lebih baru melampaui sistem perdagangan-bebas yang vulgar hanya dengan menyalin dari Marx (dan seringkali secara tidak tepat), dengan berdalih (berpura-pura) mengkritiknya.

Dalam dialektika Hegel masih berlaku inversi yang sama dari semua antar-keterkaitan seperti dalam semua cabang lainnya dalam sistemnya. Tetapi, sebagaimana dikatakan Marx: "Mistifikasi yang diderita dialektika dalam tangan Hegel, sedikitpun tidak menghalanginya untuk menjadi yang paling pertama menyajikan bentuk keberlakuannya (bekerjanya) secara umum secara komprehensif dan sadar. Dengan Hegel dialektika itu berdiri di atas kepalanya. Ia mesti dibalikkan agar berdiri secara benar, apabila orang hendak menemukan inti-rasional di dalam kulit mistikalnya."²⁹)

Namun, di dalam ilmu-pengetahuan alam sendiri, kita cukup sering berjumpa dengan teori-teori di mana hubungan yang sesungguhnya diberdirikan di atas kepalanya, refleksinya diambil dari bentuk aslinya dan yang karena itu perlu/mesti dibalikkan agar berdiri secara benar (di atas kakinya). Teori-teori seperti itu cukup sering berdominasi selama waktu panjang. Manakala selama hampir dua abad panas itu dipandang sebagai suatu substansi istimewa yang misterius, dan bukannya suatu bentuk gerak dari materi biasa, itu justru merupakan satu kasus seperti itu dan teori mekanikal mengenai panas melaksanakan pembalikan itu tadi. Namun begitu, fisika yang didominasi oleh teori kalorik menemukan serangkaian hukum yang sangat penting mengenai panas dan membuka jalan, khususnya melalui Fourier³⁰) dan Sadi Carnot, bagi konsepsi yang benar, yang kini untuk bagiannya mesti membalikkan secara tepat hukum-hukum yang ditemukan oleh pendahulunya, untuk menerjemahkannya ke dalam bahasanya sendiri.*) Demikian pula, di dalam ilmu-kimia (chemistry), teori flogistika (phlogistics) pertama-tama memberikan bahannya, dengan seratus tahun kerja-eksperimental, dengan bantuan itu Lavoisier berhasil menemukan -- di dalam oksigen yang diperoleh Priestley-- antipode sesungguhnya dari flogiston yang fantastik itu dan dengan demikian dapat membuang ke laut seluruh teori flogistika. Tetapi ini sama sekali tidak menyingkirkan hasil-hasil eksperimen mengenai ilmu-pengetahuan flogistika. Bahkan sebaliknya daripada itu. Mereka itu bertahan, hanya formulasinya yang dibalikkan, diterjemahkan dari flogistika ke dalam bahasa kimiah yang kini berlaku dan dengan demikian mempertahankan kesahihannya.

Hubungan dialektika Hegelian dengan dialektika rasional adalah sama seperti hubungan teori kalorik dengan teori mekanikal mengenai panas dan hubungan teori flogistika dengan teori Lavoisier.

DAFTAR ISI

KATA-PENGANTAR LAMA PADA [ANTI]-DÜHRING. TENTANG
DIALEKTIKA

Introduksi

IPA Dalam Dunia Spiritual

Dialektika

Bentuk-Bentuk Dasar Dari Gerak

Ukuran Gerak. -- Kerja

Pergeseran Pasang-Surut. Kant dan Thomson--Tait

Panas

Listrik

Peranan Yang Dimainkan Kerja Dalam Peralihan Dari Kera Pada Manusia

INTRODUKSI

Hanya ilmu alam modern yang telah mencapai suatu perkembangan menyeluruh, sistematis, ilmiah, jika dibandingkan dengan intuisi-intuisi filosofikal-alam yang jenius dari zaman kuno dan penemuan-penemuan bangsa Arab yang luar-biasa penting namun sporadik, yang sebagian besarnya lenyap tanpa hasil-hasil--ilmu alam modern ini berasal dari, seperti semua sejarah zaman akhir-akhir ini, dari zaman perkasa yang oleh orang-orang Jerman disebut *Reformasi* sesudah malapetaka nasional yang menimpa Jerman pada waktu itu, dan yang disebut *Renaissance* oleh orang Perancis dan *Cinquecento* (secara harfiah berarti *yang limaratus*, yaitu abad ke enam-belas) oleh orang-orang Italia, walaupun tidak satupun dari nama-nama itu dapat secara sepenuhnya melukiskannya. Itulah zaman yang lahir pada paroh pertama abad ke lima-belas. Golongan kerajaan, dengan dukungan kaum warga kota-kota, mematahkan kekuasaan bangsawan feodal dan mendirikan monarki-monarki besar, yang pada pokoknya berdasarkan kebangsaan, yang di dalamnya bangsa-bangsa Eropa modern dan masyarakat burjuis modern berkembang; dan sementara kaum warga dan kaum ningrat saling bergulat satu sama lain, perang tani di Jerman secara nubuat meramalkan perjuangan-perjuangan kelas masa-depan, yang tidak hanya mengangkat kaum tani yang memberontak itu ke atas pentas --yang tidak merupakan hal baru lagi--melainkan, di belakang mereka, permulaan-permulaan dari proletariat modern, dengan bendera merah di tangan dan tuntutan pemilikan bersama atas bibir-bir mereka. Di dalam manuskrip-manuskrip yang diselamatkan dari keruntuhan Bisantium, pada patung-patung kuno yang digali dari reruntuhan Roma, suatu dunia baru telah terungkap bagi Barat yang terpukau, yaitu dunia Yunani kuno; roh-roh Abad Pertengahan lenyap dihadapan bentuk-bentuknya yang gemilang; Italia bangkit pada suatu pemegaran seni yang tak-terbayangkan, yang tampak seperti suatu pencerminan kekunoan klasik yang tidak pernah dicapai lagi di kemudian hari. Di Italia, Perancis dan Jerman lahir suatu kesusasteraan baru,

kesusasteraan modern pertama, yang tidak lama kemudian disusul oleh zaman-zaman klasik kesusasteraan Inggris dan Spanyol. Batas *orbis terrarum* (=bulatan negeri-negeri, sebuah istilah yang dipakai orang Romawi kuno untuk bumi) telah ditembus; baru sekarang dunia benar-benar diketemukan dan landasan diletakkan bagi perdagangan dunia dan peralihan dari kerajinan tangan pada manufaktur, yang pada gilirannya merupakan titik-awal bagi industri modern berskala besar. Kediktatoran spiritual Gereja telah pecah berantakan; ia secara langsung dibuang oleh mayoritas bangsa-bangsa germanik, yang memeluk Protestantisme, sedangkan di kalangan orang-orang Latin, suatu semangat pikiran bebas yang ceria, yang diambil-alih dari orang-orang Arab dan dipupuk oleh filosofi Junani yang baru ditemukan kembali, semakin berakar dan mempersiapkan jalan bagi materialisme abad ke delapan-belas.

Revolusi progresif terbesar yang hingga saat itu pernah dialami oleh umat-manusia, suatu zaman yang menuntut raksasa-raksasa dan melahirkan raksasa-raksasa-- raksasa-raksasa dalam kemampuan berpikir, kemauan dan nafsu, dan watak, dalam keuniversalan dan pengetahuan. Orang-orang yang membentuk kekuasaan burjuasi modern memiliki segala-galanya kecuali keterbatasan burjuis. Sebaliknya, sifat petualangan zaman itu hingga batas-batas tertentu mengilhami mereka. Hampir tidak ada tokoh penting yang hidup pada zaman itu yang tidak berlanglang-buana amat luasnya, yang tidak menguasai empat atau lima bahasa, yang tidak cemerlang dalam sejumlah bidang. Leonardo da Vinci bukan saja seorang pelukis besar, tetapi juga seorang ahli matematika, mekanika dan insinyur besar, dan kepadanya lah berbagai-bagai cabang ilmu fisika berhutang penemuan-penemuan yang amat penting; Albrecht Durer seorang pelukis, pemahat, pematung, arsitek, dan menambahkan penemuan baru suatu sistem perbentengan yang mewujudkan banyak ide-ide yang lama kemudian dilanjutkan lagi oleh Montalembert dan oleh ilmu-pengetahuan Jerman modern mengenai perbentengan. Machiavelli adalah seorang negarawan, sejarawan, penyair dan juga pengarang militer terkemuka pertama dari zaman modern. Luther tidak saja membersihkan kandang Augeas dari Gereja, tetapi juga kandang bahasa Jerman; ia menciptakan prosa Jerman modern dan mengubah teks dan melodi himne kemenangan

yang menjadi *Marseillaise* abad ke enam-belas. Karena pahlawan-pahlawan zaman itu masih belum diperhambakan pada pembagian kerja, yang akibat-akibat pengekungannya, dengan hasil kesatu-segian (keterbatasan dalam pengetahuan), begitu sering kita lihat pada penerus-penerus mereka. Namun yang istimewa karakteristik pada mereka itu ialah bahwa mereka hampir semuanya menjalani kehidupan-kehidupan dan aktivitas-aktivitas mereka di tengah-tengah gerakan-gerakan sezaman, dalam perjuangan-praktikal; mereka berpihak dan bergabung dalam perjuangan itu, yang seorang dengan berbicara dan menulis, yang lainnya dengan pedang, dan banyak dari mereka melakukan kedua-duanya. Dari situlah keutuhan dan kekuatan watak menjadikan mereka itu manusia-manusia lengkap. Orang-orang ruangan baca merupakan pengecualian: menjadi orang dari peringkat kedua atau ketiga ataupun filistin-filistin yang terlalu berhati-hati untuk ikut melibatkan diri mereka.

Pada waktu itu ilmu alam juga bergerak di tengah-tengah revolusi umum dan sendirinya sepenuhnya revolusioner; karena harus berjuang untuk dan merebut hak hidupnya. Berdampingan dengan orang-orang besar Italia yang melahirkan filosofi modern, ia menyerahkan suhada-suhadanya pada tiang pembakaran dan penjara-penjara *Inkuisisi*. Dan sungguh karakteristik bahwa kaum Protestan bahkan melebihi kaum Katolik dalam penghambatan dan penganiayaan penyelidikan bebas mengenai alam. Calvin membakar Servetus ketika yang tersebut belakangan itu nyaris menemukan jalan peredaran darah, dan Servetus itu dibiarkan terpanggang hidup-hidup selama dua jam; bagi Inkuisisi setidak-tidaknya telah dicukupkanlah dengan cuma membakar Giordano Bruno hingga mati.

Tindakan revolusioner ilmu alam yang menyatakan kebebasan dirinya dan, yang diulangi dengan pembakaran *Dekrit papal* (dekrit tahta suci - paus) adalah penerbitan karya abadi dengan mana Copernikus, walaupun dengan takut-takut dan boleh dikata hanya dari ranjang sekaratnya, menantang otoritas kegerejaan dalam masalah-masalah alam. Emansipasi ilmu alam dari teologi berasal-mula dari masa itu, sekalipun perselisihan dan penyelesaian akhir

mengenai tuntutan-tuntutan (klaim) tertentu secara timbal-balik masih berlarut-larut hingga zaman kita sekarang dan dalam pikiran masih jauh daripada tuntas. Namun, sejak waktu itu, perkembangan ilmu-ilmu pengetahuan berlanjut dengan langkah-langkah raksasa, dan, dapat dikatakan, menjadi semakin kuat dalam proporsi pangkat-dua jaraknya dari titik berangkatnya. Seakan-akan pada dunia mesti dibuktikan bahwa untuk selanjutnya maka hukum gerak yang berlaku bagi produkt tertinggi materi organik, yaitu pikiran manusia, adalah berlawanan dengan hukum gerak yang berlaku bagi zat inorganik.

Pekerjaan utama pada periode pertama ilmu alam yang kini terbuka ialah menguasai material yang seketika berada di depan mata. Di kebanyakan bidang suatu permulaan harus dilakukan dari yang paling awal. Zaman kuno telah mewariskan sistem solar Euclid dan Ptolemaic; orang-orang Arab telah meninggalkan notasi desimal, dasar-dasar aljabar, bilangan-bilangan modern, dan alkimia; Abad-abad Pertengahan Kristiani tidak meninggalkan apapun. Dengan sendirinya, dalam keadaan ini ilmu pengetahuan alam yang paling elementer, mekanika mengenai benda-benda bumi dan angkasa, menduduki tempat pertama, dan menyertainya --sebagai dayang-dayangnya--penemuan dan penyempurnaan metode-metode matematikal. Karya-karya besar telah dihasilkan di sini. Pada akhir periode itu, dikarakterisasi oleh Newton dan Linnaeus, kita dapati cabang-cabang ilmu ini mencapai suatu kesudahan tertentu. Ciri-ciri dasar metode-metode matematikal yang paling hakiki telah ditegakkan: geometri analitikal terutama oleh Descartes, logaritma oleh Napier, dan perhitungan-perhitungan diferensial dan integral oleh Leibniz dan barangkali juga Newton. Keadaan itu berlaku juga bagi mekanika benda-benda padat, yang hukum-hukum utamanya telah dibikin jelas untuk selamanya. Akhirnya, dalam astronomi sistem matahari, Kepler menemukan hukum-hukum gerak planeter dan Newton merumuskan itu dari sudut pandangan hukum-hukum umum mengenai gerak materi. Cabang-cabang ilmu alam lainnya masih jauh daripada sampai pada bahkan kesimpulan pendahuluan ini. Baru pada akhir periode itu mekanika mengenai benda-benda cair dan gas mendapatkan perlakuan lebih lanjut. [Torriceli dalam hubungan dengan pengaturan aliran-aliran pegunungan Alpine].

Ilmu fisika sendiri masih belum melampaui awal-awal permulaannya, kecuali dalam hal optika, yang memperoleh kemajuan luar-biasa dikarenakan kebutuhan-kebutuhan praktikal astronomi. Dengan teori flogestik (Phlogestic theory: teori yang berlaku dalam ilmu kimia selama abad-abad ke tujuh-belas dan delapan-belas yang menyatakan bahwa pembakaran [*combustion*] terjadi karena kehadiran benda-benda tertentu suatu zat istimewa yang diberi nama phlogiston), ilmu kimia baru saja beremansipasi dari alkimia. Geologi masih belum melampaui tahap embrionik mineralogi; maka oleh karenanya palaeontologi sama sekali masih belum mungkin ada. Akhirnya, di bidang biologi, kesibukan pokok masih saja dengan pengumpulan dan penyaringan pertama atas material yang luar-biasa banyaknya, tidak saja yang botanikal dan zoologikal, tetapi juga anatomikal dan fisiologikal itu sendiri. Nyaris tidak ada sama-sekali pembicaraan mengenai perbandingan atas berbagai bentuk kehidupan, penyelidikan mengenai distribusi geografikal dan klimatologikal kondisi-kondisi kehidupan mereka dan sebagainya. Di sini hanya botani dan zoologi sampai pada suatu pendekatan kesimpulan berkat Linnaeus.

Tetapi, yang secara istimewa mengkarakterisasi periode ini ialah uraian suatu pandangan umum yang khas, yang titik sentralnya ialah pandangan mengenai *kekekalan alam secara mutlak*. Dengan jalan atau cara apapun alam itu sendiri telah lahir, sekali ia telah berada maka ia tetap sebagaimana adanya itu untuk selama-lamanya. Planet-planet dan satelit-satelitnya, satu kali mereka itu digerakkan oleh "impulse pertama" misterius itu, berputar dan berputar terus-menerus menurut elips-elips mereka yang sudah ditentukan untuk selama-lamanya atau bagaimanapun hingga akhir segala sesuatu. Bintang-bintang untuk selama-lamanya terpancang dan tidak dapat berpindah dari tempat-tempat mereka, saling menahan satu sama lain di tempat masing-masing itu karena "gaya-berat semesta." Bumi telah bertahan tanpa perubahan apapun sejak keabadian atau --jika anda lebih menyukainya-- sejak saat penciptaannya. "Kelima benua" zaman sekarang itu telah selamanya ada, dan benua-benua itu selamanya dengan gunung-gunung, lembah-lembah dan sungai-sungai serta iklim-iklim mereka, flora dan fauna yang ksama, kecuali dan sejauh terjadinya perubahan atau

transplantasi oleh tangan manusia. Spesies tanaman dan binatang, telah ditetapkan sekali dan untuk selamanya ketika mereka lahir; yang serupa secara terus-menerus menghasilkan yang serupa itu pula, dan sungguh luar-biasa bagi Linnaeus dengan pengakuannya bahwa di sana sini mungkin sekali spesies baru telah lahir lewat persilangan. Dibandingkan dengan sejarah kemanusiaan yang berkembang dalam waktu, maka pada sejarah alam dianggap terjadinya suatu penghamparan dalam ruang saja. Semua perubahan, semua perkembangan dalam alam, diingkari, dinegasi. Ilmu alam, yang begitu revolusioner pada awal-mulanya, tiba-tiba mendapatkan dirinya dihadapkan pada suatu alam yang sama-sekali konservatif, di mana segala sesuatu itu dewasa ini adalah seperti adanya pada permulaan dan di mana--hingga akhir dunia atau untuk selamanya-- segala sesuatu itu akan tetap sebagaimana adanya sejak awal.

Betapapun tingginya ilmu alam pada paroh pertama abad ke delapan-belas itu berada di atas zaman kuno Yunani dalam pengetahuan dan bahkan dalam penyaringan materialnya, ia masih berada di bawahnya dalam hal penguasaan material itu secara ideologikal, dan pandangan umumnya mengenai alam. Bagi para filosof Yunani, dunia itu pada hakekatnya merupakan sesuatu yang telah timbul dari khaos (kekacau-balauan), sesuatu yang telah berkembang, sesuatu yang telah menjadi. Bagi ilmuwan-ilmuwan alam periode yang kita bicarakan itu, dunia itu adalah sesuatu yang menulang (mengeras), sesuatu yang tidak dapat berubah, dan bagi kebanyakan dari mereka itu sesuatu yang telah dijadikan (dibuat) dengan sekali pukul. Ilmu pengetahuan masih terlibat (terperangkap) dalam sekali dalam teologi. Di mana-mana ia mencari dan menemukan suatu impuls dari luar sebagai hal hakiki yang tidak dapat dijelaskan dari alam itu sendiri. Bahkan apabila daya-tarik (atraksi), yang dengan gagah-gagahan ditahbiskan oleh Newton "gaya-berat semesta," dipahami sebagai suatu sifat hakiki dari materi, dari manakah datangnya kekuatan tangensial (*yang meninggalkan pusat*) yang tidak dapat dijelaskan itu dan yang melahirkan orbit-orbit planet-planet? Dan bagaimana, di atas segala-galanya, kelahiran manusia itu, karena betapapun telah pasti bahwa manusia tidaklah berada sejak keabadian? Atas pertanyaan-

pertanyaan seperti itu ilmu alam terlalu sering menjawab dengan mempertanggung-jawabkan itu pada pencipta segala sesuatu. Copernicus, pada awal periode itu, menyingkirkan semua teologi; Newton menutup periode itu dengan mendalilkan suatu impulse adikodrati pertama. Gagasan umum tertinggi yang telah dicapai oleh ilmu alam ini ialah mengenai terdapatnya maksud-tujuan pada pengaturan alam itu, teleologi dangkal dari Wolff, yang menyatakan bahwa kucing diciptakan untuk memangsa tikus, tikus untuk dimakan kucing, dan seluruh alam ialah untuk membuktikan kearifan sang pencipta. Yang paling bernilai dari filosofi periode itu ialah bahwa ia tidak sampai membiarkan dirinya disesatkan (dilanturkan) oleh keadaan ilmu pengetahuan alam sezaman yang terbatas itu, bahwa --dari Spinoza hingga kaum materialis Perancis yang besar itu--ia bersikeras menjelaskan dunia dari dunia itu sendiri dan membiarkan pembenarannya secara terperinci pada ilmu alam masa-depan.

Aku memasukkan kaum materialis abad ke delapan-belas dalam periode ini karena tidak tersedia material ilmiah yang alamiah bagi mereka itu kecuali yang dilukiskan di atas. Karya Kant yang amat-menentukan pada zamannya masih merupakan suatu rahasia bagi mereka, dan Laplace baru muncul lama sesudah mereka. Jangan kita lupa bahwa pandangan yang sudah kuno mengenai alam ini, walaupun sudah banyak dibolongi (disanggah kebenarannya) oleh kemajuan ilmu, masih menguasai/mendominasi seluruh paroh pertama abad ke sembilan-belas;*) dan dalam isinya bahkan hingga kini diajarkan di semua sekolahan.a)

Terobosan pertama dalam pandangan mengenai alam yang bagaikan membatu ini tidak dilakukan oleh seorang ilmuwan alam melainkan oleh seorang filosof. Pada tahun 1755 muncullah karya Kant *General Natural History and Theory of the Heavens*. Masalah impuls pertama telah disingkirkan; bumi dan seluruh sistem solar muncul sebagai sesuatu yang telah *menjadi* dalam peredaran waktu. Seandainya mayoritas terbesar para ilmuwan alam tidak begitu enggan dalam berpikir--yang oleh Newton diungkapkan dalam peringatan: Ilmu Fisika, waspadailah metafisika!-- mereka tentunya, dari penemuan tunggal Kant yang jenius ini, menarik

kesimpulan-kesimpulan yang menyelamatkan mereka dari penyimpangan-penyimpangan yang tiada-habis-habisnya dan tersiasinya waktu dan kerja yang tidak terhitung banyaknya pada arah yang palsu itu. Karena penemuan Kant mengandung titik-tolak bagi semua kemajuan selanjutnya. Apabila bumi itu sesuatu yang telah menjadi, maka keadaan geologikal, geografikal dan klimatiknya sekarang, dan tanaman-tanaman dan binatang-binatangnya secara serupa, mestinya juga sesuatu yang telah menjadi; ia mestinya mempunyai suatu sejarah tidak hanya dalam ko-eksistensi dalam ruang, melainkan juga dalam urutan dalam waktu. Seandainya seketika itu penyelidikan-penyelidikan lebih lanjut secara tegas dilakukan dalam arah ini, maka ilmu alam itu tentunya jauh lebih maju daripada keadaannya sekarang. Namun, apakah yang dapat diharapkan dari filosofi? Karya Kant tetap saja tanpa hasil-hasil segera, sampai banyak tahun kemudian Laplace dan Herschel menguraikan isinya dan membuktikannya secara lebih terinci, dan dengan begitu secara berangsur-angsur mendapatkan pengakuan bagi "hipotesis kabut-bintang (nebular)" [Nebular hypothesis = hipotesis bahwa benda-benda langit berasal-muasal dari kabut-kabut bintang berpijar]. Penemuan-penemuan berikutnya mendatangkan kemenangan; yang terpenting di antaranya ialah: gerak bintang-bintang tetap itu sendiri, pembuktian suatu zat-antara yang resistant (berlawanan) dalam ruang kosmik; bukti yang diberikan oleh analisis spektral mengenai keidentikan kimiawi dari materi kosmik dan terdapatnya massa-massa kabut berpijar seperti yang didalilkan oleh Kant. [Aksi penghambatan pasang dalam olakan (*rotation*), juga oleh Kant, yang baru sekarang difahami.]

Namun, masih dapat disangsikan apakah mayoritas ilmuwan-ilmuwan alam akan begitu cepat menyadari kontradiksi dari suatu bumi yang berubah padahal dianggap mengandung organisme-organisme kekal (*immutable* = tidak berubah-ubah), seandainya menyingsingnya konsepsi bahwa alam tidak saja *ada*, melainkan *telah menjadi berada* dan *menjadi tidak berada*, tidak mendapatkan dukungan dari suatu sumber lain. Geologi telah bangkit dan menunjukkan bahwa, lapisan-lapisan bumi tidak saja terbentuk secara berurutan dan didepositkan satu di atas yang lainnya, melainkan juga kulit-kulit (selongsong) dan kerangka-

kerangka tulang binatang-binatang yang sudah punah dan pokok-pokok batang, dedaunan dan buah-buahan tanaman-tanaman yang sudah tiada lagi yang terkandung dalam lapisan-lapisan itu. Orang harus menetapkan pikirannya untuk mengakui bahwa tidak hanya bumi sebagai suatu keutuhan, melainkan juga permukaannya yang sekarang dan tanaman-tanaman dan binatang-binatang yang hidup di atasnya memiliki suatu sejarah dalam waktu. Mula-mula pengakuan itu terjadi dengan penuh keengganan. Teori Cuvier mengenai putaran-putaran (*revolutions*) bumi adalah revolusioner dalam kata-kata dan reaksioner dalam isinya. Gantinya suatu penciptaan adikodrati tunggal diajukannya suatu deretan penuh tindakan-tindakan penciptaan yang berulang-ulang, menjadikan keajaiban suatu pengungkit hakiki dari alam. Lyell mula-mula menjadikan geologi dapat dimengerti dengan menggantikan revolusi-revolusi dadakan karena suasana-suasana (-hati) sang pencipta dengan efek-efek berangsur-angsur dari suatu transformasi lamban dari bumi.^{b)}

Teori Lyell lebih tidak cocok lagi daripada teori-teori pendahulu-pendahulunya dengan asumsinya mengenai spesies organik yang tetap (konstan). Transformasi bertahap dari permukaan bumi dan semua kondisi kehidupan secara langsung membawa pada transformasi berangsur-angsur dari organisme-organisme dan penyesuaian mereka pada lingkungan yang berubah, pada keanekaragaman spesies. Namun tradisi merupakan suatu kekuatan tidak saja dalam Gereja Katolik melainkan juga dalam ilmu pengetahuan alam. Selama bertahun-tahun Lyell sendiri tidak melihat kontradiksi itu, dan murid-muridnya lebih-lebih lagi. Ini hanya dapat dijelaskan oleh pembagian kerja yang sementara itu telah menjadi dominan dalam ilmu alam, yang sedikit banyak membatasi setiap orang pada bidang khususnya, karena hanya ada sedikit saja dari antara mereka yang tidak dilucuti dari suatu pandangan yang menyeluruh.

Dalam pada itu fisika telah maju dengan pesat, dengan hasil-hasilnya secara hampir serentak disimpulkan oleh tiga orang berbeda pada tahun 1842, yang mempunyai arti bersejarah bagi cabang ilmu pengetahuan alam. Mayer di Heilbronn dan Joule di Manchester memperagakan transformasi panas menjadi energi mekanikal dan dari energi mekanikal menjadi panas. Penentuan

kesetaraan panas mekanikal menempatkan hasil ini pada kedudukan yang kokoh. Secara serentak, hanya dengan menggalakkan hasil-hasil fisikal secara terpisah-pisah yang sudah dicapai itu, Grove--yang profesinya bukan seorang ilmuwan alam, melainkan seorang pengacara Inggris--telah membuktikan bahwa semua yang dinamakan energi fisikal, energi mekanikal, panas, cahaya, elektrisitas, magnetisme, dan bahkan yang dinamakan energi kimiawi, ditransformasikan yang satu menjadi yang lainnya dalam keadaan-keadaan tertentu tanpa kehilangan energi yang timbul, dan dengan demikian membuktikan lebih lanjut--sejalan garis-garis fisikal--azas Descartes bahwa kuantitas gerak yang terdapat di dunia adalah tetap (konstan). Dengan itu maka energi-energi fisikal istimewa, yaitu yang seakan-akan merupakan "spesies" fisika yang tidak berubah-ubah, itu dipecahkan menjadi berbagai-bagai bentuk gerak materi yang didiferensiasi, saling-beralih yang satu menjadi yang lainnya menurut hukum-hukum tertentu. Keberadaan sekian dan sekian banyak energi fisikal secara kebetulan dilenyapkan dari ilmu pengetahuan oleh bukti saling-hubungan saling-hubungan dan peralihan-peralihan (transisi) mereka. Ilmu fisika, seperti astronomi sebelumnya, telah sampai pada suatu hasil yang tidak-dapat-tidak menunjuk pada daur materi secara abadi dalam gerak sebagai kesimpulan terakhir.

Perkembangan ilmu kimia yang pesat dan mengagumkan sejak Lavoisier, dan teristimewa sejak Dalton, telah menyerang konsepsi-konsepsi lama mengenai alam dari suatu aspek lain. Preparasi dengan bahan-bahan majemuk inorganik yang hingga saat itu hanya diproduksi dalam organisme yang hidup membuktikan bahwa hukum-hukum kimia mempunyai keberlakuan yang sama bagi benda-benda organik maupun inorganik, dan hingga jauh menjembatani jurang antara alam inorganik dan organik, suatu jurang yang menurut anggapan Kant selamanya tidak dapat dilewati.

Akhirnya, juga di bidang penelitian biologikal, terutama perjalanan-perjalanan dan ekspedisi-ekspedisi ilmiah yang secara sistematikal telah diorganisasi sejak pertengahan abad yang lalu, semakin tuntasnya eksplorasi koloni-koloni Eropa di semua bagian dunia oleh ahli-ahli yang tinggal di tempat-tempat itu, dan selanjutnya

kemajuan palaeontologi, anatomi, dan fisiologi pada umumnya, khususnya sejak penggunaan mikroskop secara sistematis dan penemuan sel, telah mengakumulasi begitu banyak bahan sehingga penerapan metode perbandingan (komparatif) menjadi mungkin dan sekaligus diharuskan. ["Embriologi."] Di satu pihak, kondisi-kondisi kehidupan berbagai flora dan fauna ditentukan lewat geografi fisik komparatif; di lain pihak, berbagai-bagai organisme diperbandingkan satu sama lain menurut organ-organ yang sama-hubungan (homolog), dan ini tidak saja dalam kondisi mereka yang matang melainkan pada semua tahap perkembangan mereka. Semakin mendalam dan cermat penelitian ini dilaksanakan, semakin buyar sistem yang kaku dari sifat organik yang tetap tak-dapat-berubah itu pada sentuhannya. Tidak saja spesies tanaman-tanaman dan binatang-binatang yang terpisah-pisah itu menjadi semakin menyatu tidak-dapat dibeda-bedakan, tetapi muncul binatang-binatang, seperti *amfioksus* (*amphioxus* = lancelet. Binatang kecil seperti ikan, kira-kira panjang 5 sentimeter, ditemukan di samudera-samudera India dan Pasifik dekat pantai semenanjung Malaya dan Jepang, di Lautan Tengah dan Laut Hitam, dan di lain-lain tempat. Ia merupakan suatu bentuk peralihan dari binatang-binatang tidak-bertulang-belakang menjadi yang bertulang-belakang.) dan *lepidosiren* (*Lepidosiren*; ikan berparu-paru, yang dilengkapi dengan insang-insang dan paru-paru, ditemukan di Amerika Selatan), yang membuyarkan semua klasifikasi sebelumnya,^{c)} dan akhirnya organisme-organisme yang dijumpai tanpa dapat dipastikan apakah mereka termasuk dunia tanaman atau dunia hewan. Semakin lama semakin banyak kekosongan dalam rekaman palaeontologikal terisi, memaksa bahkan yang paling berenggenggan mengakui adanya kesejajaran yang mencolok antara sejarah evolusioner dunia organik dalam keseluruhannya dan dari organisme individual, benang Ariadne yang akan memandu untuk keluar dari labirin yang di dalamnya botani dan zoologi tampak semakin lama semakin tersesat. Sungguh karakteristik bahwa, hampir serentak dengan serangan Kant terhadap kekekalan sistem solar, C.F.Wolff pada tahun 1759 melancarkan serangan pertama terhadap ketetapan (keterpancangan) spesies dan memproklamasikan teori mengenai keturunan (asal-usul). Namun

yang pada Wolff hanya merupakan suatu antisipasi yang cemerlang, mendapatkan wujudnya yang kokoh di tangan Oken, Lamarck, Baer, dan secara gemilang dilanjutkan oleh Darwin pada tahun 1850, tepat 100 tahun kemudian. Hampir secara serentak telah dibuktikan bahwa protoplasma dan sel itu, yang sudah dibuktikan menjadi pembentuk dasar morfologikal yang paling menentukan dari semua organisme, timbul sebagai bentuk-bentuk organik paling rendah yang hidup secara mandiri. Hal ini tidak saja mengurangi jurang antara alam inorganik dan alam organik hingga pada minimumnya, melainkan menyingkirkan salah salah kesulitan paling hakiki yang sebelumnya merintang jalan teori mengenai keturunan (asal-usul) organisme-organisme itu. Konsepsi baru mengenai alam telah lengkap dalam ciri-ciri utamanya: semua kekejaman telah buyar, semua keterpancangannya buyar, semua kekhususannya yang dianggap kekal telah menjadi sementara, keseluruhan alam dibuktikan sebagai bergerak dalam perubahan dan daur-daur abadi.

Dengan demikian kita sekali lagi telah kembali pada cara pemikiran pendiri-pendiri besar dari filosofi Yunani: bahwa seluruh alam, dari benda yang paling kecil hingga yang paling besar, dari butir-butir tanah pasir hingga matahari-matahari, dari Protista hingga manusia, mempunyai keberadaannya dalam menjadi-berada dan menjadi-tidak-berada secara abadi, dalam perubahan yang terus-menerus, dalam gerak dan perubahan tanpa-henti-hentinya. Namun dengan perbedaan hakiki bahwa yang bagi orang-orang Yunani adalah suatu intuisi yang menakjubkan adalah dalam hal kita hasil penelitian ilmiah yang seketat-ketatnya berdasarkan pengalaman, dan karenanya tampil dalam bentuk yang lebih pasti dan jelas. Memang, bukti empirikal mengenai gerak siklikal (*cyclical* = daur) tidaklah sepenuhnya bebas dari kesenjangan-kesenjangan, namun itu tidaklah banyak berarti jika dibandingkan dengan yang sudah ditegakkan secara kokoh, dan setiap tahun demi tahun mereka menjadi semakin diisi. Dan bagaimana bukti secara terinci itu dapat selengkap-lengkapannya bila diingat bahwa cabang-cabang ilmu pengetahuan yang paling mendasar --astronomi trans-planeter, ilmu kimia, geologi-- memiliki keberadaan ilmiah yang cuma hampir seratus

tahun usianya, dan metode komparatif dalam fisiologi baru limapuluh tahun, dan bahwa bentuk dasar dari hampir semua perkembangan vital, yaitu sel itu, merupakan suatu penemuan yang belum sampai empatpuluh tahun usianya!

Matahari-matahari dan sistem-sistem soal yang tidak terhitung banyaknya dari pulau kosmik kita, yang dibatasi oleh cincin-cincin perbintangan yang paling jauh-di-luar Bimasakti, yang dikembangkan oleh kontraksi (pemadatan) dan pendiginan massa-massa uap yang memijar dan berpusingan, hukum-hukum gerak yang daripadanya barangkali akan terungkap setelah pengamatan-pengamatan selama beberapa abad, telah memberikan kepada kita suatu wawasan mengenai gerak bintang-bintang itu sendiri. Jelaslah bahwa perkembangan ini tidak berlangsung dalam laju yang sama. Keberadaan matahari-matahari gelap --tidak saja benda-benda planeter-- yaitu matahari-matahari yang *mati* dalam sistem perbintangan kita, semakin mengesankan dirinya pada astronomi (Madler); di lain pihak (menurut Secchi), sebagian dari kabut bintang yang serba-uap itu termasuk dalam sistem perbintangan kita sebagai matahari-matahari yang belum selesai, dengan demikian tidaklah dimustahilkan bahwa kabut-kabut bintang lainnya, seperti ditegaskan oleh Madler, adalah pulau-pulau kosmik mandiri yang jauh jaraknya, dengan tahap perkembangan relatif yang mesti ditentukan dengan spektroskop.

Bagaimana suatu sistem soal berkembang dari suatu massa nebular terpisah telah dibuktikan secara terinci oleh Laplace dengan suatu cara yang belum ada tandingannya; ilmu pengetahuan berikutnya semakin memperkuatnya.

Pada benda-benda (alam) terpisah yang terbentuk dengan cara itu --matahari-matahari maupun planet-planet dan satelit-satelit-- maka bentuk gerak materi yang lebih dulu berlaku ialah yang kita namakan *panas* itu. Tidak diragukan lagi mengenai majemuk-majemuk kimiawi unsur-unsur itu bahkan pada suatu suhu seperti itu masih dimiliki oleh matahari; hingga sejauh mana panas ditransformasi menjadi elektrisitas atau magnetisme dalam kondisi-kondisi seperti itu akan dibuktikan oleh pengamatan-pengamatan

solar secara terus-menerus; boleh dikatakan sudah terbukti bahwa gerak mekanikal yang berlangsung di atas matahari semata-mata ditimbulkan oleh konflik antara panas dengan gaya-berat.

Semakin kecil benda-benda terpisah itu, semakin cepat mereka mendingin. Satelit-satelit, asteroid-asteroid dan meteor-meteor terutama, presis seperti bulan kita telah lama *mati*. Planet-planet itu secara lebih lama (lambat), dan benda pusatnya yang paling lama (lambat).

Dengan berlangsungnya pendinginan, maka saling pengaruh-mempengaruhi bentuk-bentuk fisik dari gerak yang menjadi saling-bertransformasi satu menjadi yang lainnya semakin berperan, hingga akhirnya tercapai suatu titik di mana daya-gabung kimiawi mulai semakin menyata, maka unsur-unsur yang tadinya secara kimiawi sama menjadi berdiferensiasi, secara kimiawi, secara berurutan satu demi satu, memperoleh sifat-sifat kimiawi, dan memasuki keterpaduan satu sama lainnya. Kombinasi-kombinasi itu secara terus-menerus berubah-ubah dengan menurunnya suhu, yang secara berbeda-beda mempengaruhi tidak saja setiap unsur melainkan juga setiap kombinasi unsur-unsur, yang juga berubah dengan peralihan berikutnya dari sebagian materi serba-gas itu mula-mula menjadi keadaan cair dan kemudian menjadi keadaan padat, dan dengan kondisi baru yang diciptakan dengan demikian itu.

Periode ketika planet mempunyai kulit yang kokoh dan akumulasi air di atas permukaannya bertepatan dengan periode ketika panas kandungannya semakin berkurang dalam perbandingan dengan panas yang dikeluarkan padanya dari badan-pusatnya. Atmosfernya menjadi medan gejala-gejala meteorologikal dalam artian yang menjadi pemahaman kita sekarang mengenai dunia; permukaannya menjadi medan perubahan-perubahan geologikal di mana deposit-deposit yang dihasilkan oleh hujan (pengendapan) atmosferik semakin berdominasi atas efek-efek eksternal cairan internal yang berpijar yang pelan-pelan berkurang itu.

Akhirnya, apabila suhu menjadi sedemikian sepadan bahwa, sekurang-kurangnya hingga suatu bagian besar permukaannya ia tidak melampaui batas-batas di mana albumen dapat hidup, maka,

jika prasyarat-prasyarat kimiawi lainnya menguntungkan, terbentuklah protoplasme hidup itu. Apa gerangan prasyarat-prasyarat itu kita masih belum tahu, dan ini tidak perlu diherankan karena hingga sejauh ini bahkan rumusan kimiawi dari albumen belum dibuktikan -- kita bahkan tidak mengetahui ada berapa banyak benda-benda serba-albumin yang secara kimiawi berbeda-beda itu -- dan karena baru kurang-lebih sepuluh tahun yang lalu telah diketahui kenyataan bahwa albumen-albumen yang sama-sekali tidak berstruktur menjalankan semua fungsi hakiki dari kehidupan: pencernaan, pengeluaran kotoran, gerak, pematangan, reaksi pada rangsangan, dan pengembang-biakan. Mungkin beribu-ribu tahun mesti berlalu sebelum lahir kondisi di mana kemajuan berikutnya akan terjadi dan albumen yang tidak berbentuk itu menghasilkan sel pertama lewat pembentukan inti dan selaput. Namun sel pertama itu juga memberikan landasan bagi perkembangan morfologikal dari seluruh dunia organik; yang pertama berkembang --yang dapat diperkirakan dari seluruh analogi rekaman palaeologikal, adalah species protista non-selular dan selular yang tidak terhitung banyaknya, dan yang dipadanya hanyalah *Eozoon canadense* [*Eozoon canadense*: suatu mineral yang ditemukan di Kanada yang lazim dipandang fosil-fosil dari organisme murba paliong awal. Pada tahun 1878 Karl Mobius membuktikan tidak-benarnya asal-muasal organik dari mineral itu) saja yang sampai pada kita, dan yang beberapa di antaranya secara berangsur-angsur berdiferensiasi menjadi tanaman-tanaman pertama dan yang lain-lainnya menjadi binatang-binatang pertama. Dari binatang-binatang pertama itu berkembanglah, pada dasarnya melalui diferensiasi lebih lanjut, banyaknya golongan, tingkatan, keluarga, genera dan species binatang-binatang; dan akhirnya binatang-binatang bertulang-belakang, bentuk di mana sistem persyarafan mencapai perkembangan penuhnya; dan dari antara itu kembali yang paling terakhir ialah binatang bertulang-belakang yang padanya alam mencapai kesadaran akan dirinya sendiri - manusia.

Manusia, juga, lahir lewat diferensiasi. Tidak saja secara individual, yang didiferensiasikan dari sel telur tunggal pada organisme paling rumit yang dihasilkan oleh alam--tidak, juga secara historikal.

Ketika, setelah beribu-ribu tahun pergulatan, diferensiasi tangan dari kaki, dan sikap tegak, akhirnya diwujudkan, maka manusia menjadi berbeda dari kera dan landasan telah diletakkan bagi perkembangan pengucapan kata dan perkembangan perkasa dari otak yang sejak itu menjadikan jurang antara manusia dan kera tidak terjembatani lagi. Pengkhususan (spesialisasi) tangan--ini berarti *alat*, dan alat itu secara khusus berarti kegiatan manusia, reaksi manusia yang mentransformasi alam, produksi. Binatang-binatang dalam artian lebih sempit juga memiliki alat-alat, namun sebagai anggota-anggota badan tubuh mereka: semut, lebah, berang-berang; binatang-binatang juga memproduksi, tetapi efek produktif mereka atas alam sekelilingnya dalam hubungan yang tersebut belakangan itu maknanya, hampir tidak ada sama sekali. Hanya manusia yang telah berhasil dalam menerakan capnya pada alam, tidak hanya dengan memindah-mindahkan tanaman-tanaman dan binatang-binatang dari tempat yang satu ke tempat yang lain, melainkan dengan begitu juga mengubah aspek dan iklim tempat tinggalnya, dan bahkan tanaman-tanaman dan binatang-binatang itu sendiri, sehingga konsekuensi-konsekuensi kegiatannya hanya dapat lenyap bersama kemusnahan umum bulat bumi itu. Dan ia telah mencapai ini terutama dan pada hakekatnya dengan menggunakan *tangan*. Bahkan mesin-uap, sejauh ini alatu yang paling kuat untuk mentransformasi alam, bergantung --karena itu sebuah alat--pada tingkat terakhir pada tangan itu. Namun selangkah-demi-selangkah dengan perkembangan tangan juga berkembanglah otak itu; datanglah kesadaran, pertama-tama sekali kesadaran akan kondisi-kondisi bagi produksi berbagai hasil yang secara praktikal berguna, dan kemudian, di antara bangsa-bangsa yang lebih diuntungkan dan dari yang terdahulu lahirlah wawasan mengenai hukum-hukum alam yang menguasai semua itu. Dan dengan semakin cepat bertumbuhnya pengetahuan mengenai hukum-hukum alam, maka cara dan alat untuk mereaksi pada alam juga bertumbuh; tangan saja tidak akan pernah mencapai mesin uap jika otak manusia tidak berkembang secara saling-berhubungan dengan dan sejajar dengannya, dan untuk sebagian berhutang padanya. Dengan manusia kita memasuki *sejarah*. Binatang-binatang juga mempunyai sejarah, yaitu mengenai derivasi (asal-muasal) dan evolusi bertahap

mereka hingga keadaan (status) mereka sekarang. Namun, sejarah ini dibuat untuk mereka, dan sejauh mereka sendiri ikut ambil bagian di dalamnya, ini terjadi di luar pengetahuan atau hasrat mereka. Di lain pihak, semakin jauh makhluk-makhluk manusia terpisah dari binatang-binatang dalam artian lebih sempit perkataan itu, semakin sadar mereka membuat sejarah mereka sendiri, maka semakin berkuranglah pengaruh efek-efek diluar-perhitungan dan kekuatan-kekuatan tidak-terkendali atas sejarah ini, dan semakin tepat hasil historikal itu bersesuaian dengan tujuan yang ditentukan sebelumnya. Namun, apabila kita menerapkan ketentuan ini pada sejarah manusia, bahkan hingga pada bangsa-bangsa yang paling berkembang dewasa ini, kita mendapati bahwa masih terdapat suatu ketimpangan luar-biasa antara tujuan-tujuan yang diinginkan dengan hasil-hasil yang dicapai, bahwa efek-efek di luar-perhitungan lebih berdominasi, dan bahwa kekuatan-kekuatan tidak-terkendali itu jauh lebih kuat daripada yang digerakkan menurut rencana. Dan ini semua tidak bisa lain selama kegiatan historikal manusia yang paling hakiki,--yaitu yang mengangkat mereka dari kebinatangan pada kemanusiaan dan yang merupakan landasan material dari semua aktivitas mereka lainnya, yaitu produksi kebutuhan-kebutuhan hidupnya, yaitu dewasa ini, produksi sosial--, terutama ditundukkan pada saling-pengaruh efek-efek yang tidak sengaja dari kekuatan-kekuatan yang tidak-terkendalikan dan mencapai tujuan yang dihasratkan hanya dengan jalan pengecualian dan, yang lebih sering terjadi, justru kebalikannya. Di negeri- negeri industrial yang paling maju kita telah meredakan kekuatan-kekuatan alam dan menjadikannya melayani kemanusiaan; dengan itu kita telah melipat-gandakan produksi secara tak-terbatas, sehingga seorang abnak kini memproduksi lebih daripada yang dulunya diproduksi oleh lebih daripada seratus orang dewasa. Dan apakah konsekuensinya? Meningkatnya kerja-lembur dan bertambahnya kesengsaraan massa banyak, dan setiap sepuluh tahun suatu keambrokan (-ekonomi) besar. Darwin tidak menyadari betapa telah ditulisnya sebuah satire yang pahit mengenai kemanusiaan, dan khususnya sesamanya senegeri, ketika ditunjukkannya bahwa persaingan bebas, perjuangan untuk hidup, yang oleh para ahli ekonomi dirayakan sebagai hasil historikal paling tinggi, adalah

keadaan normal suatu *kerajaan hewani*. Hanya pengorganisasian produksi sosial secara sadar, di mana produksi dan distribusi dijalankan secara berencana, yang dapat mengangkat kemanusiaan di atas dunia hewani selebihnya secara sosial sebagaimana produksi pada umumnya telah melakukan ini bagi manusia khususnya. Perekembangan historikal menjadikan pengorganisasian seperti itu semakin lama semakin diharuskan, namun semakin lama juga semakin mungkin. Dari situlah akan dimulai suatu zaman sejarah yang baru, di mana kemanusiaan sendiri, dan dengan kemanusiaan semua cabang kegiatannya, dan teristimewa ilmu alam, akan mengalami suatu kemajuan yang akan menjadikan segala sesuatu yang telah mendahuluinya meluntur ke dalam ketiadaan-arti sama sekali.

Namun begitu, semua yang telah *menjadi berada* sudah sewajarnya akan musnah. Berjuta-juta tahun boleh berlalu, ratus ribu generasi dilahirkan dan mati, namun secara tidak dapat dihindarkan akan tiba waktunya manakala jatuhnya (turunnya) kehangatan matahari tidak akan mencukupi lagi untuk mencairkan es yang mendesakkan dirinya sendiri keluar dari kutub-kutub; ketika bangsa manusia, yang semakin banyak berkerumun di sekitar khatulistiwa, akhirnya tidak mendapatkan kehangatan yang secukupnya bagi kehidupan; ketika secara berangsur-angsur bahkan sisa-sisa terakhir kehidupan organik akan melenyap; dan bumi, sebuah bulatan dingin-membeku seperti bulan, telah mati, akan memutari --dalam kegelapan paling pekat dan dengan orbit yang semakin mengecil--matahari yang juga sudah mati, dan pada akhirnya jatuh ke dalamnya. Planet-planet telah mendahuluinya, planet-planet lain akan menyusul; gantinya sistem solar yang panas, yang cerah itu, dengan pengaturan (penataan) anggota-anggotanya secara serasi, cuma sebuah bulatan (sfera) dingin dan mati yang masih menempuh jalannya yang sunyi-senyap di ruang kosmik itu. Dan yang terjadi pada sistem solar kita akan terjadi pula, cepat atau lambat, pada semua sistem lainnya dari pulau kosmik kita, akan terjadi pada semua dari semua pulau-pulau kosmik lainnya yang tidak terhitung banyaknya, bahkan pada yang cahayanya tidak akan pernah mencapai bumi selagi di atas bumi itu masih terdapat penglihatan manusia hidup untuk menangkapnya.

Dan apabila suatu sistem solar seperti itu telah menyelesaikan sejarah hidupnya dan berpasrah pada nasib segala sesuatu yang terbatas, yaitu kematian, lalu apa? Apakah mayat matahari menggelinding terus secara abadi sebagai suatu mayat melalui ruang tak-terhingga, dan semua kekuatan-kekuatan alam yang didiferensiasi dalam keanekaragaman secara tak-terhingga itu beralih untuk selama-lamanya menjadi satu bentuk gerak tunggal, yaitu daya-tarik-menarik? Atau--sebagaimana ditanyakan oleh Secchi--adakah terdapat kekuatan-kekuatan dalam alam yang dapat mengubah kembali sistem mati itu kepada keadaan asli suatu kabut-bintang berpijar dan membangunkannya kembali pada kehidupan baru? Kita tidak tahu.

Bagaimanapun, kita tidak mengetahui dalam artian sebagaimana kita mengetahui bahwa $2 \times 2 = 4$ atau bahwa daya-tarik materi meningkat atau berkurang sesuai pada pangkat-dua jarak itu. Namun, dalam ilmu pengetahuan alam teoretikal, yang sejauh-jauh mungkin membangun pandangannya mengenai alam menjadi suatu keseluruhan yang serasi, dan yang tanpa itu dewasa ini bahkan kaum empirisis yang paling tidak berpikir pun tidak akan dapat mencapai apapun, kita amat sering harus menghadapi kekibaran-kekibaran (magnitude) yang tidak diketahui secara lengkap; dan kebulatan pikiran logikal harus selalu membantu mengatasi pengetahuan yang keliru. Ilmu alam modern dipaksa mengoper azas mengenai kelanggengan gerak dari filsafat; ia tidak mungkin bertahan tanpa azas ini. Namun gerak materi bukan cuma gerak mekanikal yang kasar saja, bukan cuma perubahan tempat saja; ia adalah panas dan cahaya, tegangan elektrik dan magnetik, perpaduan dan pemisahan kimiawi, kehidupan dan, akhirnya, kesadaran. Untuk mengatrankan bahwa materi selama seluruh waktu keberadaannya yang tak-terbatas telah hanya sekali, dan selama yang merupakan suatu periode singkat yang tak-terhingga kecilnya dalam perbandingan dengan kekekalannya, mendapatkan dirinya mampu mendiferensiasikan geraknya dan dengan begitu mengungkapkan seluruh kekayaan gerak ini, dan bahwa sebelum dan sesudah ini tetap terbatas untuk selama-lamanya pada hanya perubahan tempat belaka--ini adalah setara dengan mempertahankan bahwa materi itu dapat-mati (tidak abadi) dan gerak itu tidak kekal.

Kelanggengan materi tidak cuma kuantitatif belaka, ia juga mesti difahami secara kualitatif; materi yang perubahan (perpindahan) tempatnya yang semurninya mekanikal itu memang mencakup

kemungkinan untuk ditransformasi di dalam kondisi-kondisi yang menguntungkan menjadi panas, elektrisitas, aksi kimiawi, kehidupan, namun yang tidak mampu menghasilkan kondisi-kondisi ini dari dirinya sendiri, maka materi seperti itu telah *kehilangan* (mengorbankan) *gerak*; gerak yang telah kehilangan kapasitas untuk ditransformasi menjadi berbagai bentuk yang cocok baginya memang masih dapat memiliki *dinamika* (*dynamis* = potensialitas) namun tidak ada lagi *energia* (*energia* = daya-guna/keefektivan); dan dengan demikian telah menjadi hancur sebagian. Namun, kedua-dua hal itu tidaklah masuk akal.

Ini semua sudah jelas: pernah ada waktunya ketika materi pulau kosmik kita telah mentransformasi suatu kuantitas gerak seperti itu -- dari jenis apa, itu belum kita ketahui-- menjadi panas agar daripadanya dapat dikembangkan sistem-sistem solar yang mencakup (menurut Madler) paling sedikit duapuluh juta bintang, yang kepunahannya secara berangsur telah pula menjadi pasti.

Bagaimanakah transformasi itu terjadi? Pengetahuan kita akan hal itu sama sedikitnya seperti Romo Secchi mengetahui apakah *caput mortuum* (*Caput mortuum*: secara harfiah - kepala mati; di sini dalam arti *sisa-sisa yang mati*.) sistem solar kita akan pernah berubah kembali menjadi bahan mentah bagi sistem-sistem solar baru. Namun, di sini kita mesti lari pada suatu pencipta atau kita terpaksa mesti menyimpulkan bahwa bahan mentah berpijar bagi sistem-sistem solar pulau kosmik kita telah diproduksi secara alamiah melalui transformasi-transformasi gerak yang merupakan *sifat pembawaan* materi bergerak, dan yang kondisi-kondisinya, karenanya, mesti direproduksi oleh materi, sekalipun setelah berjuta-juta tahun, kurang-lebih secara kebetulan, namun dengan keharusan yang juga menjadi pembawaan dalam kekebetulan.

Kemungkinan transformasi seperti itu kini semakin diakui. Sedang dicapai pandangan bahwa benda-benda langit pada akhirnya ditakdirkan akan tenggelam yang satu ke dalam yang lain, dan orang bahkan memperhitungkan jumlah panas yang mesti dikembangkan pada benturan-benturan seperti itu. Tiba-tiba menyalanya bintang-bintang baru, dan peningkatan yang sama tiba-tibanya dalam kecerahan bintang-bintang yang sudah dikenal, yang diberitahukan kepada kita oleh para ahli astronomi, paling mudah dijelaskan dengan

adanya benturan-benturan seperti itu. Kelompok planet-planet kita tidak saja bergerak mengitari matahari, dan matahari kita di dalam pulau kosmik kita, tetapi seluruh pulau kosmik kita juga bergerak dalam ruang dalam keseimbangan relatif sementara dengan pulau-pulau kosmik lainnya, karena bahkan keseimbangan relatif dari benda-benda yang mengapung bebas hanya ada jika gerak itu ditentukan secara timbal-balik; dan sudah diasumsikan oleh banyak pihak bahwa suhu dalam ruang kosmik tidaklah sama di semua tempat. Akhirnya, kita mengetahui bahwa, kecuali suatu bagian yang teramat kecil, panas matahari-matahari yang tidak terhitung banyaknya dari pulau kosmik kita menghilang ke dalam ruang dan gagal meningkatkan suhu ruang kosmik bahkan dengan sepersejuta derajat sentigrad. Apakah yang terjadi dengan semua kuantitas panas ini? Apakah ia untuk selamanya dihambur-hamburkan dalam usaha memanaskan ruang kosmik, apakah ia telah berhenti berada secara praktikal, dan apakah ia terus berada hanya secara teoretikal, pada kenyataan bahwa ruang kosmik telah menjadi lebih panas dengan sepecahan desimal derajat yang didahului dengan sepuluh atau lebih *nol*? Suatu asumsi seperti itu mengingkari kelanggengan gerak; ia mengakui kemungkinan bahwa dengan berturut-turut tenggelamnya benda-benda kosmik yang satu ke dalam yang lainnya maka semua gerak mekanikal yang ada akan berubah menjadi panas dan yang tersebut belakangan dipancarkan ke dalam ruang kosmik, sehingga dengan segala *kelanggengan kekuatan* semua gerak pada umumnya akan berhenti. (Secara kebetulan terlihat di sini betapa tidak-tepatnya istilah: kelanggengan kekuatan, sebagai gantinya : kelanggengan gerak.) Karena itulah kita sampai pada kesimpulan bahwa dengan suatu cara tertentu, yang pada suatu waktu di kelak-kemudian akan menjadi tugas ilmu alam untuk membuktikannya, panas yang dipancarkan ke dalam ruang kosmik mesti dapat ditransformasikan menjadi suatu bentuk gerak lain, di mana ia sekali lagi dapat disimpan dan menjadi aktif. Dengan demikian maka kesulitan pokok dalam pengubahan kembali matahari-matahari yang mati menjadi uap berpijar lenyaplah sudah.

Untuk yang selebihnya, pergantian dunia-dunia berulang-ulang secara kekal dalam waktu tak-terhingga itu cuma merupakan pelengkap logikal pada keberadaan-bersama dunia-dunia yang tidak terhitung jumlahnya di dalam ruang tak-terhingga -- suatu azas yang keharusannya bahkan terpaksa diakui oleh otak Yankee seorang Draper

yang anti-teoretikal itu. [Keserba-ragaman dunia-dunia dalam ruang tak-terhingga melahirkan konsepsi mengenai pergantian-pergantian dunia-dunia dalam waktu tak-terhingga. J.W.Draper, Hist.Int.Devel. II. - *History of the Intellectual Development of Europe.*]

Itu adalah suatu daur abadi yang di dalamnya materi bergerak, suatu daur yang secara pasti menyelesaikan orbitnya dalam periode-periode waktu yang untuknya tahun bumi kita tidak mencukupi sebagai tolok-ukurannya, suatu daur di dalam mana waktu perkembangannya yang tertinggi, waktu kehidupan organik, dan lebih-lebih lagi dari kehidupan makhluk-makhluk yang sadar akan diri mereka sendiri dan akan alam, hampir sama tidak terbaginya seperti ruang yang di dalamnya kehidupan dan kesadaran-diri beroperasi; suatu daur di dalam mana setiap cara keberadaan materi secara terbatas, biarpun itu matahari ataupun uap nebular, binatang tunggal atau genus (golongan, jenis) binatang-binatang, perpaduan atau perpisahan kimiawi, adalah sama-sama bersifat sementara, dan di dalamnya tiada suatupun yang abadi, tetapi secara abadi berubah, materi yang bergerak secara abadi dan hukum-hukum gerak dan perubahannya. Namun, betapapun seringnya, dan betapapun tiada-berampunnya, daur itu diselesaikan dalam waktu dan ruang, betapapun berjuta-juta banyak matahari-matahari dan bumi-bumi yang *menjadi berada* (lahir) dan *menjadi tidak-berada* (mati), betapapun lamanya waktu sebelum kondisi-kondisi kehidupan organik itu dilahirkan dalam suatu sistem solar, bahkan di atas sebuah planet tunggal, betapapun tidak-terhitung banyaknya makhluk-makhluk organik yang harus mendahului dan lebih dulu hilang berlalu sebelum binatang-binatang dengan sebuah otak yang mampu berpikir berkembang dari tengah-tengah mereka, dan untuk suatu jangka waktu yang singkat mendapatkan kondisi-kondisi yang cocok untuk hidup, namun untuk kemudian dimusnahkan tanpa ampun, kita mempunyai kepastian bahwa materi secara abadi tetaplah sama di dalam semua transformasinya, bahwa tiada dari atribut-atributnya yang akan pernah hilang, dan karenanya juga, bahwa dengan keharusan sekeras besi yang sama kembali akan dimusnahkannya ciptaannya yang teragung di atas bumi, yaitu *akal yang berpikir* (*thinking mind*), ia mesti, di suatu tempat lain dan pada suatu saat lain, kembali melahirkannya.

Catatan:

a) Betapa pandangan ini, bahkan pada tahun 1861, secara ngotot dipertahankan oleh seorang yang karya-karya ilmiahnya telah memberikan bahan yang luar-biasa pentingnya untuk menghapus pandangan itu tadi, dibuktikan oleh kata-kata klasik berikut ini:

"Seluruh pengaturan (tatanan) sistem solar kita, sejauh kita dapat memahaminya, bertujuan melestarikan segala yang ada dan kesinambungan yang tidak berubah-ubah. Tepat sebagaimana sejak zaman paling purba tidak ada binatang dan tidak ada tanaman di atas bumi yang telah menjadi lebih sempurna atau berbeda pada umumnya, tepat sebagaimana kita pada semua organisme hanya mendapati tahap-tahap "secara sejajar" satu sama lain dan tidak "berurutan" satu sama lain, tepat sebagaimana ras kita sendiri selalu tetap sama secara korporeal--maka, bahkan keaneka-ragaman yang paling besar dalam benda-benda kosmik yang sama-sama berada itu tidak akan membenarkan kita untuk menganggap bahwa bentuk-bentuk ini cuma tahap-tahap perkembangan yang berbeda-beda belaka; sebaliknya, segala sesuatu yang tercipta itu masing-masing dan sendiri-sendiri adalah sama sempurnanya." (Madler, *Populare Astronomie*, Berlin 1861, edisi ke lima, pal. 316) - Buku yang menjadi rujukan itu ialah: J.H. Madler, *Der Wunderbau des Weltalls oder populare Astronomie--*] (p26)

b) Kekurangan pandangan Lyell --setidak-tidaknya dalam bentuknya yang pertama--terletak dalam pemahaman kekuatan-kekuatan yang bekerja di atas bumi sebagai tetap, tetap dalam kualitas dan kuantitas. Mendinginnya bumi tidak ada bagi Lyell, bumi dipandanginya tidak berkembang pada suatu arah tertentu melainkan cuma berubah dalam cara tidak beraturan, secara kebetulan belaka.

c) [*Ceratodus* (ikan-berparu-paru yang ditemukan di Australia). Ditto *arkaeopteriks* (*Archaeopteryx*: binatang yang sudah punah, prototip dari golongan burung-burung yang sekaligus mempunyai ciri-ciri khas binatang melata)

*Ditulis oleh F. Engels pada tahun 1875-76.
Pertama kali diterbitkan pada tahun 1925.*

ILMU-PENGETAHUAN ALAM DALAM DUNIA SPIRITUAL

Dialektika yang telah menemukan jalannya ke dalam kesadaran umum dinyatakan dalam pepatah tua, bahwa yang ekstrem-ekstrem itu bertemu. Bersesuaian dengan ini kita mestinya nyaris tidak akan salah dalam mencari derajat paling ekstrem dari fantasi, kepercayaan, dan ketahyulan, tidak dalam gaya kecenderungan ilmu-pengetahuan alam yang, seperti filsafat Jerman mengenai alam, mencoba memaksakan dunia objektif ke dalam kerangka-kerja pikiran subjektifnya, melainkan lebih pada kecenderungan sebaliknya, yang, dengan lebih mengutamakan pengalaman semata-mata, memperlakukan pikiran dengan penghinaan b penuh keangkuhan dan benar-benar telah sampai pada keekstreman kekosongan pikiran yang paling jauh. Aliran ini merajalela di Inggris. Bapaknya, Francis Bacon yang sangat dipuja-punja, sudah mengajukan tuntutan agar metode induktifnya, metode empirikalnya yang baru itu dijalankan demi untuk mencapai, di atas segala-galanya, lewat cara-caranya: kehidupan yang lebih panjang, peremajaan--hingga batas tertentu, perubahan sikap dan ciri-ciri tubuh, transformasi tubuh yang satu menjadi tubuh yang lain, produksi spesies baru, kekuasaan atas udara dan produksi badai-badai. Ia mengeluh bahwa penelitian-penelitian seperti itu telah ditinggalkan, dan dalam sejarah alamnya ia memberikan resep-resep definitif untuk membuat emas dan melaksanakan berbagai keajaiban. Secara sama, Isaac Newton dalam usianya yang tua teramat menyibukkan dirinya dengan menguraikan Wahyu St. John (Santo Johannes) Maka tidaklah mengherankan apabila pada tahun-tahun belakangan ini empirisisme Inggris dalam sosok sejumlah wakil-wakilnya--dan bukannya yang terburuk dari mereka--seperti terjatuh menjadi korban tidak tertolong lagi dari ocean-roh dan penglihatan-roh yang diimport dari Amerika.

Sarjana ilmu-alam pertama yang termasuk di sini ialah ahli zoologi dan botani terkemuka, Alfred Russel Wallace, yang serempak dengan Darwin mengajukan teori mengenai perubahan spesies lewat seleksi alamiah. Dalam buku kecilnya, *On Miracles and Modern Spiritualism*, London, Burns, 1875, ia mengisahkan bahwa pengalaman-pengalaman pertamanya di cabang pengetahuan alam ini berasal dari tahun 1844,

ketika ia mengikuti ceramah-ceramah Spencer Hall mengenai mesmerisme dan sebagai hasilnya melakukan eksperimen-eksperimen serupa dengan murid-muridnya.

"Aku sangat tertarik pada subjek itu dan mengikutinya dengan penuh semangat."(hal.119)

Ia tidak saja menghasilkan tidur magnetik dibarengi gejala kekakuan artikular dan hilangnya sensasi lokal, ia juga menguatkan kebenaran peta tengkorak Gall, karena dengan menyentuh salah- satu organ Gall, maka kegiatan yang bersesuaian ditimbulkan pada pasien yang dimagnetisasi dan diperagakan dengan gerakan-gerakan yang sepadan dan hidup. Selanjutnya, dibuktikannya bahwa pasiennya, hanya dengan disentuh saja, ikut merasakan semua sensasi sang operator; ia membuatnya mabok dengan segelas air seketika ia mengatakan pada pasien itu bahwa dalam gelas itu adalah brandi. Ia dapat menjadikan salah seorang dari orang-orang muda itu sedemikian tololnya, bahkan dalam keadaan sadar, sehingga pemuda itu tidak mengetahui lagi namanya sendiri, suatu prestasi--namun--yang mampu dicapai oleh guru-guru sekolah lainnya tanpa mesmerisme segala. Dan begitulah seterusnya.

Nah, kejadiannya ialah bahwa aku juga menyaksikan Spencer Hall ini pada musim dingin tahun 1843-44 di Manchester. Ia adalah seorang penglenik yang sangat sedang-sedang saja, yang mengelilingi negeri dengan pengayoman sejumlah pendeta dan melakukan peragaan-peragaan magnetiko-frenologikal dengan seorang wanita muda untuk dengan itu membuktikan keberadaannya Tuhan, kekekalan roh, dan ketidak-benaran materialisme yang sedang dikhotbahkan pada waktu itu oleh kaum Owen di semua kota-besar. Wanita itu dipulaskan dalam tidur magnetik dan kemudian, seketika operator itu menyentuh bagian-bagian dari tengkorak sesuai salah satu organ-organ Hall, wanita itu secara berlimpah memperagakan gerak-gerak dan sikap-sikap teatrical dan demonstratif yang mencerminkan kegiatan organ bersangkutan; misalnya, untuk organ filoprogenitif ia membelai-belai dan menciumi seorang bayi imajiner, dsb. Lebih dari itu, Tuan Hall yang baik itu telah memperkaya geografi tengkorak Hall dengan sebuah

pulau baru: Barataria³²): tepat di puncak tengkorak (batok kepala) telah ditemukannya sebuah organ pemujaan (venerasi), dengan disentuhnya titik itu, wanita dalam hipnose itu berlutut, merangkapkan kedua tangannya dalam berdoa, dan kepada para penonton yang filistin dan terpujau itu melukiskan suatu malaikat yang tenggelam dalam pemujaan. Itulah klimaks dan kesudahan perasaan itu. Eksistensi Tuhan telah dibuktikan.

Pengaruhnya atas diriku dan salah seorang kenalanku adalah sama seperti pengaruhnya atas Tuan Wallace; gejala-gejala itu menarik buat kami dan kami berusaha mencari tahu hingga seberapa jauh kami dapat mereproduksikannya. Seorang anak laki-laki yang sadar sesadar-sadarnya menawarkan dirinya sebagai subjek. Dengan menatap ke dalam matanya, atau dengan membelai-belainya, membuatnya tanpa sedikitpun kesulitan ke dalam keadaan hipnotik. Namun, karena kami tidak begitu percaya seperti Tuan Wallace dan bekerja (melakukan itu) dengan kurang bersemangat, kami mencapai hasil-hasil yang sangat berbeda. Kecuali kekakuan otot-otot dan hilangnya sensasi, yang mudah dihasilkan, kami juga menemukan suatu keadaan kepasivan kemauan secara total yang dibarengi suatu hiper-kepekaan yang aneh dari sensasi. Pasien itu, ketika dibangkitkan dari letharginya itu dengan rangsangan eksternal, memperagakan kelincahan yang jauh lebih besar daripada dalam keadaan sadar. Tiada jejak sesuatupun hubungan misterius dengan operator: siapapun dapat dengan sama mudahnya membuat yang tidur itu menjadi aktif. Untuk membuat organ-organ kranial (tengkorak) Gall itu beroperasi adalah sesuatu yang sangat mudah sekali bagi kami; kami bahkan melakukan yang lebih jauh, kami tidak hanya dapat saling menggantikan organ-organ itu yang satu dengan yang lainnya, atau membuat tempat mereka di mana saja dalam seluruh tubuh, melainkan kita juga membuat sejumlah organ-organ lain semau kami, organ-organ untuk menyanyi, bersiul, berseruling, menari, bertinju, menjahit, memasang batu, mengisap tembakau, dsb. dan kami dapat membuat tempat keberadaannya (kedudukannya) di mana saja menurut kehendak kami. Wallace membuat pasien-pasiennya mabok dengan minum air, sedangkan kami menemukan di ibu-jari kaki sebuah organ kemabokan (titik mabok) yang cuma perlu disentuh untuk menghasilkan pelakonan komedi kemabokan yang paling bagus. Namun, harus dipahami betul, tiada satu pun organ menunjukkan tanda aksi sampai pasien itu dibikin mengerti mengenai

apa yang diharapkan dari dirinya; anak laki-laki itu segera menyempurnakan dirinya dengan berlatih sedemikian rupa, sehingga sekedar indikasi saja sudah mencukupi. Organ-organ yang diproduksi dengan cara itu kemudian mempertahankan kesahihannya untuk kesempatan-kesempatan ditidurkan lagi di kemudian hari, selama organ-organ itu tidak diubah dengan cara yang sama. Pasien itu memang memiliki ingatan rangkap, yang satu untuk keadaan sadar dan yang kedua yang sangat terpisah untuk keadaan hipnotik itu. Mengenai kepasivan kemauan dan ketundukannya secara mutlak pada kemauan seorang ketiga, ini kehilangan semua tampilan keajaibannya jika kita memperhatikan bahwa seluruh keadaan itu dimulai dengan penundukan kemauan pasien itu pada kemauan sang operator, dan tidak dapat dihasilkan tanpa itu. Seorang magnetor magikal yang paling perkasa di dunia akan kehabisan dayanya pada saat pasiennya menertawakannya.

Sementara kami dengan skeptisisme kami yang tak-keruanan dengan demikian menemukan bahwa landasan perklenikan magnetiko-frenologikal terletak pada serangkaian gejala yang untuk sebagai besar hanya berbeda dalam derajatnya dari gejala-gejala keadaan sadar dan tidak memerlukan interpretasi mistikal, "semangat" Tuan Wallace membawa dirinya pada serentetan penipuan-diri, dan demi itu ia menguatkan peta tengkorak Gall dalam segala perinciannya dan menekankan suatu hubungan misterius antara operator dan pasien.*) Dalam seluruh kisah Tuan Wallace itu, yang kesungguhannya mencapai derajat *naïveté*, (naivitas, kependiran), menjadilah jelas bahwa ia tidak lebih peduli untuk menyelidiki latar-belakang sebenarnya dari perklenikan itu daripada dalam mereproduksi semua gejala itu dengan mempertaruhkan apapun. Hanya kerangka pikiran inilah yang diperlukan seseorang yang aslinya seorang sarjana untuk dengan cepat sekali diubah menjadi seorang ahli dengan jalan penipuan-diri yang sederhana dan gampang. Tuan Wallace berakhir dengan kepercayaan pada keajaiban-keajaiban magnetiko-frenologikal dan dengan begitu sudah dengan satu kaki berdiri di dunia roh-roh.

Ia menarik kaki yang satunya lagi ke situ pada tahun 1865. Sekembalinya dari perantauannya di daerah-daerah tropik selama duabelas tahun, eksperimen-eksperimen dalam "permainan-meja" (sejenis jailangkung dsb. Pent.) memperkenalkannya pada masyarakat berbagai "medium". Betapa pesat kemajuannya, dan betapa lengkap

kemahirannya mengenai subjek itu, dibuktikan oleh buku-kecil tersebut di atas. Ia mengharap kita menganggapnya sebagai kebenaran: bukan saja semua yang dikatakan sebagai keajaiban-keajaiban (mukjijat-mukjijat) Home, kakak-beradik Davenport, dan para "medium" lainnya, yang kesemuanya kurang-lebih memperagakan diri mereka untuk uang dan yang untuk bagian terbesar telah sering ditelanjangi sebagai penipu-penipu, namun juga berderet-deret riwayat roh-roh yang dikatakan otentik dari zaman-zaman dulu. Pithones-pithones dari orakel Yunani, tukang-tukang sihir dari Abad-abad Pertengahan, kesemuanya itu "medium-medium," dan Iamblichus dalam bukunya *De divinatione* sudah secara sangat cermat melukiskan

"gejala-gejala spiritualisme modern yang paling mencengangkan".(hal.229)

Sebuah contoh saja untuk memperlihatkan betapa sembrono Tuan Wallace memperlakukan pembuktian secara ilmiah dan otentikasi keajaiban-keajaiban ini. Jelas merupakan suatu asumsi yang kuat bahwa kita mesti percaya bahwa roh-roh tersebut di atas akan memperkenankan diri mereka difoto, dan kita jelas mempunyai hak untuk menuntut bahwa foto-foto roh seperti itu diotentikasikan dengan cara yang paling sah sebelum kita menerimanya sebagai murni. Nah, Tuan Wallace berkisah pada halaman 187, bahwa pada bulan Maret 1872, seorang medium terkemuka, Nyonya Guppy, yang dilahirkan Nicholls, telah membuat foto dirinya bersama suaminya dan seorang anak laki-laki kecil di tempat Tuan Hudson di Notting Hill, dan di atas dua foto yang berbeda dapat dilihat sosok seorang wanita jangkung, mengenakan jubah kain putih indah menerawang, dengan air-muka yang agak-ketimuran, berdiri di belakangnya (Nyonya Guppy) dengan suatu sikap bagaikan memberkahinya.

"Nah, di sini, satu dari dua hal yang secara mutlak pasti.***) Di sini, ada kehadiran suatu makhluk hidup, intelijen namun tidak kasat-mata, atau Tuan, dan Nyonya Guppy, sang juru-foto, dan seseorang ke empat, telah merancang sebuah penipuan jahat, dan berkukuh pada hal itu hingga sekarang. Mengenal baik Tuan dan Nyonya Guppy, sebagaimana aku mengenal mereka, aku merasakan suatu *keyakinan mutlak* bahwa mereka tidak-berkemampuan melakukan penipuan jenis ini seperti halnya setiap pencari kebenaran yang sungguh-sungguh di bidang ilmu-pengetahuan alam." (Hal. 188)

Maka itu, "atau" penipuan, "atau" foto roh. Benar sekali. Dan, apabila penipuan, maka roh itu "atau" sudah ada di atas lembar-lembar fotografik itu, "atau" keempat orang itu mestinya sudah bersangkutan/terlibat, atau tiga orang jika kita kesampingkan Tuan Guppy tua sebagai orang yang sudah lemah-pikiran atau dikorbankan, yang meninggal di bulan Januari 1875 dalam usia 84 tahun (yang diperlukan hanyalah menyuruh Tuan Guppy itu ke balik layar-belakang Spanyol itu). Bahwa seorang juru-foto bisa mendapatkan seorang "model" untuk roh itu tanpa sedikitpun kesulitan tidaklah perlu dipersoalkan di sini. Namun, juru-foto Hudson itu, tidak lama kemudian, secara umum telah dituntut karena kebiasaannya memalsukan foto-foto roh, sehingga Tuan Wallace demi peringanan menyatakan:

"Satu hal sudah jelas; apabila terjadi suatu penipuan, itu segera telah diketahui/terditeksi oleh para spiritualis itu sendiri." (Hal. 189)

Karenanya, foto-foto itu tidak dapat diandalkan. Tinggal sekarang Nyonya Guppy itu, dan baginya cuma ada "keyakinan mutlak" dari sahabat kita Wallace, hanya itu dan tiada apa-apa lagi. --Tiada apa-apa lagi? Oh, tidak! Kejujuran mutlak Nyonya Guppy itu dibuktikan oleh pernyataannya bahwa pada suatu petang, di awal bulan Juni 1871, dirinya telah dibawa melalui udara dalam suatu keadaan tidak-sadar dari rumahnya di Highbury Hill Park ke Lamb's Conduit Street no. 69--yaitu tiga mil Inggris lintas-udara--dan diturunkan di rumah no. 69 itu, ke atas meja di tengah-tengah suatu *séance* (acara) spiritualistik. Pintu-pintu masuk ruangan itu terkunci, dan sekalipun Nyonya Guppy termasuk salah seorang wanita paling gemuk di London, yang tentu saja banyak artinya, permunculannya yang tiba-tiba itu sama sekali tidak meninggalkan lubang sekecil apapun pada pintu-pintu atau di atap rumah itu. (Dilaporkan dalam *Echo*, London, 8 Juni 1871.) Dan apabila masih ada orang yang tidak mempercayai keaslian foto roh itu, maka tiada pertolongan baginya.

Ahli terkemuka yang kedua di antara para sarjana ilmu-alam Inggris adalah Tuan William Crookes, penemu unsur kimiawi thallium dan dari radiometer³³) (di Jerman juga disebut "Lichtmühle"). Tuan Crookes mulai menyelidiki manifestasi-manifestasi spioritualistik pada sekitar tahun 1871, dan untuk maksud ini menggunakan sejumlah alat

fisikal dan mekanikal, pengimbang-pengimbang pegas, baterai-baterai listrik, dsb. Apakah ia dalam pekerjaannya itu membawa serta alat utama yang diperlukan, yaitu pikiran kritis yang skeptikal, atau apakah ia hingga akhirnya menjaga agar pikiran itu selalu dalam keadaan tangguh bekerja, akan kita lihat berikut ini. Betapapun, dalam waktu yang tidak sangat lama, Tuan Crookes sama terjeratnya seperti Tuan Wallace.

"Selama beberapa tahun," demikian ia berkisah, "seorang wanita muda, Nona Florence Cook, telah memperagakan kemampuan-sebagai-medium yang luar-biasa, yang akhir-akhir ini memuncak dalam memproduksi sesosok (suatu wujud) wanita penuh yang mengaku spiritual asal-usulnya, dan yang tampil bertelanjang-kaki dan mengenakan jubah-jubah putih berkibar selagi ia terbaring dalam pesona, dengan pakaian berwarna gelap dan terikat rapi dalam sebuah lemari atau di kamar sebelah."³⁴)

Roh ini, yang menyebut namanya Katie, dan yang sangat mirip Nona Cook, pada suatu petang secara tiba-tiba dipeluk pada pinggangnya oleh Tuan Volckman--suami yang sekarang dari Nyonya Guppy--dan dipegang kencang-kencang untuk mengetahui apakah ia benar-benar bukan Nona Cook dalam edisi lain. Roh itu ternyata seorang gadis yang sangat kekar-kuat, ia mempertahankan diri dengan gigih, orang-orang yang hadir di situ campur-tangan, gas dimatikan, dan ketika, sesudah sedikit pergumulan, ketenangan dipulihkan kembali dan ruangan itu diterangi kembali, roh itu telah menghilang dan Nona Cook terbaring dalam ikatannya dan dalam keadaan tidak sadar di tempatnya di sudut sana. Betapapun, Tuan Volckman katanya hingga saat ini berkeyakinan bahwa ia telah menyambar Nona Cook dan bukan tubuh lainnya. Untuk membuktikan hal itu secara ilmiah, Tuan Varley, seorang ahli listrik terkenal, pada kesempatan suatu eksperimen baru, mengatur agar arus dari sebuah baterai mengalir melalui medium itu, Nona Cook, sedemikian rupa agar ia tidak dapat memainkan peranan roh itu tanpa menginterupsi arus itu. Betapapun, roh itu muncul juga. Karenanya, ia itu memang suatu makhluk yang berbeda dari Nona Cook. Untuk membuktikan hal ini lebih lanjut menjadi tugas Tuan Crookes. Langkahnya yang pertama ialah mendapatkan *kepercayaan* dari wanita spiritualistik itu.

Kepercayaan ini, demikianlah ia sendiri berkata pada dirinya sendiri di dalam *Spiritualist*, 5 Juni 1874, "berangsur-angsur meningkat sedemikian rupa hingga ia menolak memberikan suatu *séance* kecuali aku yang membuat penyelenggaraannya.-- gejala-gejala itu sangat meningkat kekuatannya dan datanglah bukti-bukti secara berlimpah yang tidak mungkin diperoleh dengan cara lainnya. Ia seringkali *berkonsultasi denganku* mengenai orang-orang yang hadir pada *séance-séance* itu dan tempat-tempat yang mesti diberikan kepada mereka, karena akhir-akhir ini ia telah menjadi sangat gelisah disebabkan saran-saran buruk tertentu agar, kecuali metode-metode penyelidikan lain yang lebih ilmiah, *kekuatan* juga mesti dipergunakan."35) [cetak miring oleh Engels]

Wanita roh itu sangat menghargai kepercayaan itu, kepercayaan yang sama-sama baik dan ilmiah. Ia bahkan membuat penampilannya --yang tidak merupakan kejutan lagi bagi kita-- di rumah Tuan Crookes, bermain-main dengan anak-anak Tuan Crookes dan menceritakan kepada mereka "anekdot-anekdot dari petualangannya di India," mengisahkan kepada Tuan Crookes suatu cerita mengenai "beberapa dari pengalaman getir dalam kehidupannya di masa lalu," memperkenalkan Tuan Crookes memegang lengannya agar Tuan Crookes dapat meyakini akan kenyataan materialitasnya, memperkenalkan Tuan Crookes memeriksa denyut-nadinya dan menghitung jumlah respirasi (pernafasan)-nya per menit, dan akhirnya membiarkan dirinya difoto dengan berdiri di samping Tuan Crookes.

"Sosok ini," kata Tuan Wallace, "setelah menampakkan diri, diraba, diajak berbicara, dan difoto, *menghilang sama-sekali* dari sebuah ruangan kecil yang tidak mempunyai jalan keluar lain kecuali sebuah kamar sebelah yang penuh dengan penonton" (hal.183)

-- yang bukan merupakan suatu kejadian yang luar biasa, karena para penonton itu cukup sopan dengan menunjukkan kepercayaan yang sama kuatnya pada Tuan Crookes--karena di rumahnyalah kejadian itu berlangsung--seperti besarnya kepercayaan Tuan Crookes itu pada roh itu.

Malangnya, "gejala-gejala yang sepenuhnya diotentikasi" itu tidak langsung dipercaya bahkan oleh para spiritualis. Di atas telah kita medlihat bagaimana Tuan Volckman yang sangat spiritualistik itu memperkenalkan dirinya melakukan sergapan yang sangat material

sifatnya. Dan sekarang seorang pendeta, seorang anggota dari komite "Asosiasi Nasional para Spiritualis Inggris," telah hadir juga pada sebuah *séance* bersama Nona Cook, dan ia tanpa kesulitan sedikitpun menegakkan kenyataan bahwa pintu ruangan yang dilewati roh itu ketika datang dan menghilang berkomunikasi dengan dunia luar lewat sebuah *pintu kedua*. Kelakuan Tuan Crookes yang juga hadir, memberikan "pukulan terakhir yang mematikan kepercayaanku bahwa mungkin ada 'sesuatu dalam' manifestasi-manifestasi penampilan itu." (*Mystic London*, oleh Rev.C.Maurice Davkies, London, Tinsley Brothers [310].) Dan di atas semua itu, di Amerika Serikat telah terbongkar bagaimana "Katie-Katie" menjadi "dimaterialisasikan". Sepasang suami-isteri bernama Holmes mengadakan *séance-séance* di Philadelphia, di mana juga muncul seorang "Katie" dan menerima hadiah-hadiah secara berlimpah-limpah dari para orang yang percaya. Namun, seorang skeptik menolak untuk berhenti sebelum ia dapat menjejaki Katie tersebut, yang, dalam pada itu, sudah pernah mogok karena kurangnya upah yang diterimanya; sang skeptik itu memergoki Katie tersebut di sebuah rumah-pondokan sebagai seorang wanita muda yang tak-disangsikan lagi berdaging dan bertulang, dan memiliki semua hadiah yang telah diberikan kepada roh tadi.

Sementara itu, Daratan Kontinental juga memiliki para penglihat-roh yang ilmiah. Sebuah perkumpulan ilmiah di St. Petersburg--aku tidak mengetahui secara pasti apakah itu Universitas atau bahkan Akademi itu sendiri--memerintahkan pada Konsul Negara, Aksakov, dan ahli-kimia, Butlerov, untuk memeriksa dasar dari gejala-gejala spiritualistik itu, namun tampaknya tidak banyak yang dihasilkan oleh perintah itu.³⁶ Di pihak lain--kalau kita mempercayai pengumuman-pengumuman yang disertai ramainya bunyi genderang-genderang dari para spiritualis--Jerman kini juga mengajukan orangnya dalam diri Profesor Zöllner di Leipzig.

Selama bertahun-tahun, sebagaimana sudah sangat diketahui, Profesor Zöllner telah bekerja keras mengenai "dimensi ke-empat" dari ruang, dan telah menemukan bahwa banyak hal yang tidak mungkin dalam suatu ruang berdimensi-tiga, adalah hal sepele dalam suatu ruang yang berdimensi-empat. Begitulah, dalam jenis ruang tersebut belakangan itu, sebuah bulatan metal yang tertutup dapat diputar-balik bagaikan sebuah sarung-tangan, tanpa membuat sebuah lubang padanya; demikian pula sebuah simpul dapat dibuat dengan seutas tali yang

tidak berujung-berpangkal atau dengan seutas tali yang kedua ujungnya terikat, dan dua cincin terpisah dapat disaling-terkaitkan tanpa membuka salah-satu dari kedua cincin itu, dan masih banyak lagi hal-hal luar biasa seperti itu. Kini, menurut laporan-laporan terakhir yang bermegah-megah dari dunia roh, Profesor Zöllner telah berhubungan dengan seorang atau lebih medium agar dengan bantuan mereka dapat menentukan lebih banyak perincian mengenai lokalitas dimensi keempat itu. Hasilnya menurut kata ternyata sungguh mengejutkan. Setelah acara itu, lengan kursi yang menjadi sandaran lengannya sementara tangannya tidak pernah meninggalkan meja, didapati berbelit dengan lengannya, seutas tali yang kedua ujungnya terikat pada meja itu didapatkan terikat menjadi empat simpul, dan begitu seterusnya. Singkatnya, semua keajaiban dari dimensi keempat menurut katanya telah diperagakan oleh roh-roh itu dengan cara yang sangat mudah sekali. Harusnya diingat: *relata refero*, aku tidak dapat menjamin ketepatan buletin roh itu, dan kalau ada dikandung ketidak-cermatan, Tuan Zöllner semestinya berterima kasih karena aku telah memberikan kesempatan untuk melakukan pembetulan. Namun, jika buletin itu mereproduksi pengalaman-pengalaman Tuan Zöllner itu tanpa pemalsuan, maka itu jelas berarti suatu kurun baru dalam ilmu spiritualisme maupun dalam ilmu matematika. Roh-roh itu membuktikan keberadaan dimensi keempat, tepat sebagaimana dimensi keempat itu memastikan keberadaan roh-roh itu. Dan sekali hal ini ditegaskan, suatu bidang yang luar-biasa luasnya, yang seluruhnya baru, menjadi terbuka bagi ilmu-pengetahuan. Semua matematika dan ilmu-pengetahuan alam sebelumnya hanya akan merupakan sebuah sekolah kpersiapan bagi matematika dari dimensi keempat dan yang lebih tinggi lagi, dan bagi mekanika, fisika, kimia, dan fisiologi roh-roh yang menghuni dimensi-dimensi lebih tinggi ini. Tidak-kah Tuan Crookes secara ilmiah telah menentukan berapa banyak bobot telah hilang dari meja-meja dan benda-benda prabotan lainnya dalam perlintasan barang-barang itu ke dalam dimensi keempat--demikianlah tentunya kita diizinkan menamakan semua itu--dan tidakkah Tuan Wallace menyatakan telah terbukti bahwa api di sana itu tidak menciderai/mencelakakan tubuh manusia? Dan kini kita bahkan mengetahui fisiologi tubuh-tubuh roh itu! Mereka itu bernafas, mereka mempunyai denyut nadi, jadi juga paru-paru, jantung, dan suatu perlengkapan peredaran, dan karena itu pula sekurang-kurangnya secara mengagumkan diperlengkapi seperti tubuh-tubuh kita dalam hal

organ-organ tubuh lainnya. Karena bernafas menyaratkan karbohidrat-karbohidrat yang menjalani pembakaran di dalam paru-paru, dan karbohidrat-karbohidrat ini hanya dapat disuplai dari luar; maka perut, usus, dan pelengkap-pelengkapannya--dan apabila kita sudah memastikan sebanyak ini, yang selebihnya menyusullah tanpa sedikitpun kesulitan. Namun, keberadaan organ-organ seperti itu berarti kemungkinan menjadinya organ-organ itu mangsa penyakit, dan karenanya mungkin akan tiba ksaatnya bahwa Herr Virchow akan mesti menyusun suatu patologi selluler dari dunia roh itu. Dan, karena kebanyakan dari roh-roh ini adalah wanita-wanita muda yang sangat cakap, yang dalam hal apapun tidak dapat dibedakan dari wanita-wanita cantik duniawi, kecuali oleh kecantikan mereka yang adi-duniawi, tidak akan makan waktu yang sangat lama ksebelum mereka akan berhubungan dengan "kaum pria yang merasakan gairahnya cinta"³⁷); dan karena, sebagaimana dibuktikan oleh Tuan Crookes dari pukulan denyut-nadi, "jantung wanita itu tidaklah absen," seleksi alamiah juga telah membukakan baginya prospek dari suatu dimensi keempat, suatu dimensi dimana ia tidak perlu takut akan dikacaukan (dicampur-adukkan) dengan Sosial-Demokrasi yang jahat.³⁸)

Cukuplah. Di sini telah menjadi nyata-nyata terbukti mengenai jalan paling pasti dari ilmu-alam ke pada mistisisme. Yaitu bukannya teorisasi filsafat alam secara berlebih-lebihan, tetapi empirisisme yang paling dangkal yang dengan angkuh menolak dan mencurigai segala pikiran. Bukan keharusan *a priori* yang membuk-tikan keberadaan roh-roh, tetapi pantauan-pantauan empirikal dari tuan-tuan Wallace, Crookes, dan kawan-kawan. Jika kita mempercayai observasi-observasi spektrum-analisis Crookes, yang menghasilkan penemuan thallium metal, atau penemuan-penemuan zoologikal yang kaya oleh Wallace di Semenanjung Malaya, kita diminta untuk memberikan kepercayaan serupa pada pengalaman-pengalaman dan penemuan-penemuan spiritualistik dari kedua ilmuwan ini. Dan apabila kita menyatakan pendapat bahwa--ternyata--hanya sedikit sekali perbedaan antara keduanya itu, yaitu, apabila kita dapat memeriksa yang satu namun yang lainnya tidak, maka penglihat-penglihat roh itu menukas bahwa tidak demikianlah masalahnya, dan bahwa mereka bersedia memberikan kesempatan kepada kita untuk juga memeriksa (verifikasi) gejala-gejala roh itu.

Sebenarnya, dialektika tidak dapat dihina tanpa ada hukumannya untuk itu. Betapapun besarnya kebencian seseorang terhadap semua pikiran teoretikal, seseorang tidak dapat menempatkan dua fakta alam dalam hubungan satu sama lain, atau memahami keterkaitan yang terdapat di antara kedua fakta itu, tanpa pikiran teoretikal. Masalahnya ialah, apakah pemikiran orang itu benar atau tidak, dan membenci teori jelas jalan paling pasti untuk berpikir secara naturalistik, dan karenanya secara tidak tepat. Tetapi, menurut sebuah hukum dialektika yang tua dan sangat terkenal, pikiran secara tidak tepat, jika dilakukan hingga kesimpulan logikalnya, secara tidak terelakkan akan sampai pada kebalikan (yang berlawanan dengan) titik-keberangkatannya. Karena itu, kebencian empirikal terhadap dialektika dihukum dengan terbawanya beberapa dari kaum empirisis yang paling sadar ke dalam yang paling gersang dari semua ketahyulan, yaitu ke dalam spiritualisme modern.

Sama halnya dengan matematika. Para ahli matematika metafisikal biasa berkoar dengan kebanggaan luar-biasa mengenai mutlak tidak dapat disanggahnya hasil-hasil ilmu mereka. Tetapi hasil-hasil itu juga mencakup/meliputi kebesaran-kebesaran imajiner, yang dengan begitu memperoleh suatu realitas tertentu. Manakala seseorang telah menjadi terbiasa untuk menjulukkan sesuatu jenis realitas di luar pikiran kita kepada $\sqrt{-1}$, atau pada dimensi keempat, maka tidak menjadi soal yang sangat penting jika seseorang itu melangkah selangkah lebih jauh dan juga menerima dunia roh dari para medium. Seperti dikatakan Ketteler tentang Döllinger:

"Orang itu telah membela begitu banyak omong-kosong selama hidupnya, ia sebenarnya dapat sekalian menerima juga infalibilitas (ketidak-mungkinan-untuk-melakukan-kesalahan)!"³⁹)

Sebenarnya, sekedar empirisisme saja tidak dapat menyanggah kaum spiritualis. Pertama-tama, gejala-gejala "lebih tinggi" selalu menampakkan diri hanya apabila "sang penyelidik" bersangkutan sudah begitu jauh dalam kerjanya sehingga ia kini hanya melihat yang dituju atau yang mau dilihatnya--sebagaimana dilukiskan oleh Tuan Crookes sendiri dengan kependiran sepolosnya. Kedua, kaum spiritualis sama sekali tidak peduli bahwa beratus-ratus yang dikatakan sebagai fakta telah dibongkar sebagai penipuan dan losinan orang yang mengaku-ngaku sebagai medium telah ditelanjangi sebagai penipu-

penipu biasa. Selama *setiap* yang dinamakan keajaiban/mukjijat satu-demi-satu belum dibuktikan ketidak-benarannya, mereka masih mempunyai cukup ruang untuk berjalan terus, sebagaimana memang dikatakan dengan cukup jelas oleh Wallace sehubungan dengan foto-foto roh yang dipalsukan itu. Keberadaan kepalsuan-kepalsuan itu membuktikan kemurnian yang murni-murni.

Maka empirisisme sendiri terpaksa menolak para penglihat-roh yang mengaku-ngaku itu, bukannya lewat eksperimen-eksperimen empirikal, melainkan dengan pertimbangan-pertimbangan teoretikal, dan terpaksa pula berkata, bersama Huxley:

Kebaikan satu-satunya yang dapat kulihat dalam demonstrasi kebenaran *spiritualisme* ialah membekali sebuah alasan tambahan terhadap bunuh-diri. Lebih baik hidup sebagai penyapu-perempatan-jalanan daripada mati dan disuruh mengoceph ngalor-ngidul tak-keruan oleh seorang *medium* yang ditanggap dengan satu guinea per *séance*!

Catatan:

*) Sebagaimana sudah dikatakan, para pasien itu menyempurnakan diri mereka lewat latihan. Karenanya sangat mungkin bahwa pada waktu penundukan kemauan itu telah menjadi kebiasaan, maka hubungan antara para partisipan menjadi lebih akrab, gejala-gejala individual diintensifkan dan secara lemah bahkan dicerminkan dalam keadaan sadar. (Catatan Engels)

**) Dunia roh/spiritual mengungguli gramatika (tata-bahasa). Pernah seorang pelawak membuat roh ahli gramatika Lindley Murray bersaksi. Atas pertanyaan apakah ia berada di sana, ia menjawab: "*I are*," Mediumnya adalah seorang dari Amerika.

DIALEKTIKA

(Mengembangkan sifat umum dialektika sebagai ilmu-pengetahuan mengenai antar keterkaitan-antarketerkaitan (inter-connections), berlawanan dengan metafisika.)

Maka itu, hukum-hukum dialektika diabstraksikan dari sejarah alam dan masyarakat manusia. Karena hukum-hukum itu tidak lain ialah hukum-hukum yang paling umum dari kedua aspek perkembangan historikal, maupun dari pikiran itu sendiri. Dan, sebenarnya, hukum-hukum itu pada dasarnya dapat dipulangkan pada tiga buah hukum:

Hukum perubahan (transformasi) kuantitas menjadi kualitas dan *vice versa*;

Hukum penafsiran mengenai yang berlawanan (opposites);

Hukum negasi dari negasi.

Ketiga-tiganya dikembangkan oleh Hegel dalam gaya idealisnya sebagai sekedar hukum-hukum *pikiran*: yang pertama, dalam bagian pertama karyanya *Logic*, dalam Doktrin mengenai Keberadaan (Being); yang kedua mengisi seluruh bagian kedua dan bagian yang paling penting dari *Logic*, Doktrin mengenai Hakekat (Essence); akhirnya, yang ketiga merupakan hukum fundamental bagi rancangan-bangun seluruh sistem itu. Kesalahannya terletak pada kenyataan bahwa hukum-hukum ini disisipkan pada alam dan sejarah sebagai hukum-hukum pikiran, dan tidak dideduksi dari situ. Inilah sumber dari seluruh pendekatan yang dipaksakan dan seringkali melampaui batas (keterlaluhan); semesta-alam, mau-tidak-mau, mesti bersesuaian dengan sebuah sistem pikiran yang sendiri cuma produk dari suatu tahap tertentu dari evolusi pikiran manusia. Jika kita membalikkan semuanya itu, maka segala sesuatu menjadi sederhana, dan hukum-hukum dialektika yang tampak begitu luar-

biasa misterius dalam filsafat idealis seketika menjadi sederhana dan jelas seperti siang-hari bolong.

Lagi pula, setiap orang, bahkan yang sedikit saja mengenal Hegel, akan menyadari bahwa dalam beratus pasase Hegel berkemampuan memberikan gambaran-gambaran individual yang paling jelas mengenai hukum-hukum dialektika dari alam dan sejarah.

Di sini kita tidak bermaksud menulis sebuah buku pedoman mengenai dialektika, melainkan hanya untuk menunjukkan bahwa hukum-hukum dialektika itu adalah hukum-hukum nyata mengenai perkembangan alam, dan karenanya berlaku juga bagi ilmu-pengetahuan alam teoretikal. Karenanya kita tidak dapat memasuki bagian dalam antar-keterkaitan hukum-hukum ini satu sama yang lainnya.

1. Hukum perubahan dari kuantitas menjadi kualitas dan *vice versa*. Untuk maksud kita, dapat kita ungkapkan ini dengan mengatakan bahwa dalam alam, dengan suatu cara yang secara tepat ditetapkan untuk setiap kasus individual, perubahan-perubahan kualitatif hanya dapat terjadi oleh penambahan kuantitatif atau pengurangan kuantitatif dari materi atau gerak (yang dinamakan energi).

Semua perbedaan kualitatif dalam alam berlandaskan pada perbedaan-perbedaan komposisi (susunan) kimiawi atau pada kuantitas- kuantitas atau bentuk-bentuk gerak (energi) yang berbeda-beda atau, sebagaimana hampir selalu halnya, pada kedua-duanya. Maka itu tidaklah mungkin mengubah kualitas sesuatu tanpa pertambahan atau pengurangan materi atau gerak, yaitu, tanpa perubahan sesuatu yang bersangkutan itu secara kuantitatif. Dalam bentuk ini, karenanya, azas misterius dari Hegel itu tampak tidak hanya sangat rasional, melainkan bahkan jelas sekali.

Nyaris tidak perlu dinyatakan lagi, bahwa berbagai keadaan benda-benda secara allotropik (*allotropy*=variasi sifat-sifat fisik tanpa perubahan substansi) dan agregasional (terkumpul jadi satu), karena mereka bergantung pada berbagai pengelompokan molekul-molekul, bergantung pada jumlah-jumlah yang lebih banyak atau lebih sedikit dari gerak yang dikomunikasikan pada benda-benda itu.

Tetapi, bagaimana tentang perubahan bentuk atau gerak, atau yang disebut energi? Apabila kita mengubah panas menjadi gerak mekanikal atau *vice versa*, tidakkah kualitas diubah sedangkan kuantitasnya tetap sama? Benar sekali. Tetapi dengan perubahan bentuk atau gerak itu adalah seperti dengan kejahatan-kejahatan Heine; setiap orang jika sendirian bisa saja saleh, luhur-berbudi, karena untuk kejahatan-kejahatan selalu diperlukan dua orang.⁴²)Perubahan bentuk atau gerak selalu merupakan suatu proses yang terjadi di antara sedikitnya dua benda, yang satu kehilangan sejumlah tertentu gerak dari suatu kualitas (misalnya, panas), sedangkan yang satu lagi memperoleh kuantitas gerak dari kualitas lain yang bersesuaian (gerak mekanikal, listrik, dekomposisi kimiawi). Di sini, karenanya, kuantitas dan kualitas saling bersesuaian satu sama lain. Sejauh ini belum ditemukan kemungkinan untuk mengubah suatu bentuk gerak menjadi satu bentuk gerak yang lain dalam sebuah benda tunggal yang terisolasi.

Di sini yang pertama-tama kita permasalahan ialah benda-benda tidak-hidup (benda mati); hukum yang sama berlaku bagi benda-benda hidup, tetapi ia beroperasi dalam kondisi-kondisi yang sangat kompleks dan pada waktu sekarang pengukuran kuantitatif acapkali masih belum mungkin bagi kita.

Jika kita membayangkan sesuatu benda mati terpotong menjadi potongan-potongan lebih kecil dan lebih kecil lagi, mula-mula tidak terjadi perubahan kualitatif. Namun ini ada batasnya: jika kita berhasil, seperti dengan penguapan (evaporasi), dalam memperoleh molekul-molekul terpisah itu dalam keadaan bebas, maka benarlah bahwa kita lazimnya dapat membaginya lebih lanjut, namun hanya dengan suatu perubahan kualitas secara menyeluruh. Molekul itu didekomposisi ke dalam atom-atomnya yang terpisah-pisah, yang mempunyai sifat-sifat yang sangat berbeda dengan sifat-sifat molekul itu. Dalam hal molekul-molekul itu terdiri atas berbagai unsur kimiawi, atom-atom atau molekul-molekul unsur-unsur itu sendiri muncul sebagai gantinya molekul persenyawaan itu; dalam hal molekul-molekul unsur-unsur, tampillah/muncullah atom-atom bebas yang menimbulkan akibat-akibat/efek-efek kualitatif yang sangat berbeda-beda; atom-atom bebas dari oksigen yang lahir

secara mudah dapat menghasilkan yang tidak pernah dapat dicapai oleh atom-atom dari oksigen atmosferik, yang terikat menjadi satu di dalam molekul itu.

Tetapi, molekul itu secara kualitatif juga berbeda dari massa benda yang padanya molekul itu termasuk. Ia dapat melakukan gerakan-gerakan secara bebas dari massa itu dan selagi yang tersebut belakangan itu tampak lembam, yaitu misalnya, vibrasi- vibrasi panas; melalui suatu perubahan posisi dan keterkaitan dengan molekul-molekul di sekitarnya ia dapat mengubah benda itu menjadi suatu allotrope atau suatu keadaan agregasi yang berbeda.

Dengan demikian kita melihat bahwa operasi pembagian yang semurninya kuantitatif itu mempunyai suatu batas di mana ia menjadi berubah menjadi suatu perbedaan kualitatif: massa itu terdiri semata-mata atas molekul-molekul, tetapi ia sesuatu yang pada pokoknya berbeda dari molekul itu, tepat sebagaimana yang tersebut belakangan berbeda dari atom. Perbedaan inilah merupakan dasar bagi pemisahan mekanika, sebagai ilmu dari massa-massa ruang angkasa dan bumi, dari ilmu fisika, sebagai mekanika molekul-molekul, dan dari ilmu kimia, sebagai ilmu fisika atom-atom.

Di dalam ilmu mekanika, tidak terjadi kualitas-kualitas; paling-paling keadaan-keadaan seperti keseimbangan (ekuilibrium), gerak, energi potensial, yang kesemuanya bergantung pada perpindahan/peralihan (*transference*) gerak yang dapat diukur dan sendirinya berkemampuan ekspresi (pernyataan) kuantitatif. Karenanya, sejauh perubahan kualitatif terjadi di sini, itu ditentukan oleh suatu perubahan kuantitatif yang bersesuaian.

Di dalam ilmu fisika, benda-benda diperlakukan sebagai yang secara kimiawi tidak dapat diubah atau tidak berbeda; kita berurusan dengan perubahan-perubahan keadaan-keadaan molekularnya dan dengan perubahan bentuk gerak, yang dalam semua kasus, sekurang-kurangnya pada satu dari kedua sisinya, membuat molekul itu beraksi. Di sini setiap perubahan adalah suatu transformasi kuantitas menjadi kualitas, suatu konsekuensi dari perubahan kuantitatif dari jumlah suatu atau lain bentuk gerak yang dikandung di dalam benda itu atau yang dikomunikasikan padanya.

"Demikianlah temperatur (suhu) air adalah, pertama-tama, sesuatu yang tidak ada artinya dalam hubungan likuiditasnya; betapapun dengan peningkatan atau pengurangan suhu air cair, tercapailah suatu titik di mana keadaan kohesi ini berubah dan air itu diubah menjadi uap atau es." (Hegel, *Enzyklopädie, Gesamtausgabe*, Bd. VI, Hal. 217.)

Demikian pula, suatu kekuatan arus minimum tertentu dipersyaratkan agar kawat platinum dari sebuah lampu pijar listrik menyala; dan setiap metal memiliki suhu pijar dan padunya, setiap cairan mempunyai titik beku dan didihnya yang tertentu pada suatu tekanan tertentu --sejauh alat kita memungkinkan kita mereproduksi suhu yang diperlukan; akhirnya, setiap gas juga mempunyai titik kritisnya, di mana ia dapat dicairkan lewat tekanan dan pendinginan. Singkatnya, yang disebut konstan-konstan fisikal untuk sebagean besar tidak lain dan tidak bukan adalah penandaan-penandaan (designations) titik-titik nodal di mana *perubahan*⁴³ kuantitatif (berupa) penambahan atau pengurangan gerak menghasilkan perubahan kualitatif dalam keadaan benda bersangkutan, di mana, karenanya, kuantitas diubah menjadi kualitas.

Namun, bidang di mana hukum alam yang ditemukan oleh Hegel itu merayakan kejayaannya yang paling penting ialah bidang ilmu kimia. Ilmu kimia dapat diistilahkan ilmu mengenai perubahan-perubahan kualitatif dari benda-benda sebagai hasil komposisi kuantitatif yang berubah. Hal itu sudah diketahui oleh Hegel sendiri. (*Logik, Gesamtausgabe*, III, hal. 433.) Seperti dalam hal oksigen: jika tiga atom bersatu ke dalam sebuah molekul, gantinya yang lazimnya dua buah, kita mendapatkan ozone, suatu benda yang amat sangat berbeda dari oksigen biasa dalam bau dan reaksi- reaksinya. Dan memang, berbagai proporsi yang di dalamnya oksigen berpadu dengan nitrogen atau sulfur, yang masing-masing menghasilkan suatu substansi yang secara kualitatif berbeda dari setiap lainnya! Betapa berbeda gas ketawa (nitrogen monoksida N_2O_2) dari nitrik anhidride (nitrogen pentoksida, N_2O_5)! Yang pertama adalah suatu gas, yang kedua pada suhu-suhu normal adalah suatu substansi kristalin padat. Namun begitu, seluruh perbedaan dalam komposisi ialah bahwa yang kedua itu mengandung oksigen yang lima kali

lipat lebih banyak daripada yang pertama, dan di antara keduanya itu terdapat tiga okside nitrogen lebih banyak (NO, N₂O₃, NO₂), yang masing-masingnya secara kualitatif berbeda dari dua yang pertama dan satu sama lainnya.

Hal ini tampak lebih menyolok lagi dalam deretan gabungan-gabungan karbon homolog, terutama dari hidrokarbon-hidrokarbon yang lebih sederhana. Dari parafin-parafin normal, yang terendah ialah methani, CH₄; di sini keempat kaitan atom karbon dijenuhi oleh empat atom hidrogen. Yang kedua, ethane, C₂H₆, mempunyai dua atom karbon yang tergabung dan keenam kaitan bebas itu dijenuhi dengan enam atom hidrogen. Dan begitulah seterusnya, dengan C₃H₈, C₄H₁₀, dan seterusnya, sesuai rumusan aljabar C_nH_{2n+2}, sehingga dengan setiap penambahan CH₂ terbentuk sebuah benda yang secara kualitatif berbeda dari sebuah yang terdahulu. Tiga anggota paling rendah dari deretan itu adalah gas-gas, yang tertinggi yang dikenal, hexadecane, C₁₆H₃₄, adalah suatu benda padat dengan suatu titik didih 270°C. Tepat seperti itu pula yang berlaku bagi deretan alkohol-alkohol primer dengan formula C_nH_{2n+2}O, yang diderivasi (secara teoretikal) dari parafin-parafin, dan deretan asam-asam lemak monobasik (formula C_nH_{2n}O₂). Perbedaan kualitatif yang dapat ditimbulkan oleh penambahan kuantitatif C₃H₆, diajarkan oleh pengalaman jika kita minum Ethyl Alkohol, C₂H₆O, dalam bentuk cair (yang dapat diminum) tanpa penambahan alkohol-alkohol lainnya, dan pada suatu kesempatan lain minum ethyl alkohol yang sama itu, tetapi dengan menambahkan sedikit saja amyl alkohol, C₅H₁₂O, yang menjadi pembentuk utama dari minyak pelebur (fusel) yang mengerikan itu. Kepala seseorang pasti akan menyadari akan hal itu di pagi esok harinya, suatu siksaan yang sangat; sehingga seseorang bahkan dapat mengatakan bahwa kemabokan itu, dan perasaan "keesokan pagi" berikutnya itu, adalah juga kuantitas yang diubah menjadi kualitas, di satu pihak dari ethyl alkohol dan di lain pihak dari tambahan C₃H₆ ini.

Di dalam deretan ini kita menjumpai hukum Hegelian itu dalam bentuk yang lain lagi.. Anggota-anggota yang lebih rendah hanya memperkenankan suatu saling-pengaturan tunggal dari atom-atom.

Namun, jika jumlah atom-atom yang digabung menjadi sebuah molekul mencapai suatu ukuran yang secara tetap ditentukan bagi setiap deretan, maka pengelompokan atom-atom itu di dalam molekul dapat terjadi dalam lebih dari satu cara; sehingga dua atau lebih substansi isomerik dapat dibentuk, yang mempunyai jumlah-jumlah sama dari atom-atom C, H dan O di dalam molekul itu, tetapi bagaimanapun secara kualitatif berbeda satu sama lainnya. Kita bahkan dapat memperhitungkan berapa banyak isomer-isomer seperti itu dimungkinkan bagi setiap anggota dari deretan itu. Demikianlah, dalam deretan-deretan parafin, bagi C_4H_{10} terdapat dua, bagi C_5H_{12} terdapat tiga; di antara anggota-anggota lebih tinggi, jumlah isomer yang mungkin bertambah dengan sangat cepat. Karenanya, sekali lagi, adalah jumlah kuantitatif atom-atom itu di dalam molekul yang menentukan kemungkinan itu dan, sejauh yang telah dibuktikan, juga keberadaan sesungguhnya dari isomer-isomer yang secara kualitatif berbeda seperti itu.

Masih ada lagi. Dari analogi substansi-substansi yang kita kenal/ketahui dalam setiap dari deretan-deretan ini, kita dapat menarik kesimpulan-kesimpulan mengenai sifat-sifat fisikal dari anggota-anggota yang masih belum dikenal/diketahui dari deretan-deretan ini dan, sedikitnya bagi anggota-anggota yang segera menyusul anggota-anggota yang diketahui, memprediksikan sifat-sifatnya, titik didihnya, dan sebagainya, secara agak pasti.

Akhirnya, hukum Hegelian kesahihannya tidak hanya bagi substansi-substansi gabungan, melainkan juga bagi unsur-unsur kimiawi itu sendiri. Kini kita mengetahui bahwa

"sifat-sifat kimiawi unsur-unsur adalah suatu fungsi periodikal dari bobot-bobot atomiknya" (Roscoe-Schorlemmer, *Ausführliches Lehrbuch der Chemie*, II, hal.823),

dan bahwa, karenanya, kualitas mereka ditentukan oleh kuantitas berat atomik mereka. Dan pengujian atas hal ini telah dilakukan dengan gemilang. Mendelejev telah membuktikan bahwa berbagai celah terdapat/terjadi dalam deretan-deretan unsur-unsur bersangkutan yang diatur menurut berat-berat atomik yang menandakan bahwa di sini unsur-unsur baru masih harus ditemukan. Jauh sebelumnya telah

diuraikannya sifat-sifat kimiawi umum dari salah-satu dari unsur-unsur yang belum diketahui ini, yang disebutnya eka-aluminium,⁴⁴) karena itu menyusul sesudah aluminium di dalam deretan-deretan yang dimulai dengan yang tersebut belakangan, dan ia memprediksikan perkiraan berat khusus dan atomik maupun volume atomiknya. Beberapa tahun kemudian, Lecoq de Bois-baudran benar-benar menemukan unsur ini, dan prediksi-prediksi Mendeleyev cocok benar dengan hanya kelainan-kelainan sangat kecil. Eka-aluminium dinyatakan dalam gallium (*ibid.*, hal. 828). Dengan cara penerapan--secara tidak sadar--hukum Hegel mengenai transformasi kuantitas menjadi kualitas, Mendeleyev mencapai suatu hasil ilmiah yang luar biasa, yang tidaklah berlebih-lebihan jika disamakan dengan hasil Leverrier dalam memperhitungkan orbit planet yang hingga saat itu belum dikenal, yaitu planet Neptune.

Di dalam ilmu biologi, seperti halnya dalam sejarah masyarakat manusia, hukum-hukum yang sama berlaku pula pada setiap langkah, namun kita lebih suka berurusan dengan contoh-contoh dari ilmu-ilmu pasti, karena di sini kuantitas-kuantitas dapat diukur dan dilacak secara cermat.

Barangkali orang terhormat yang sama yang hingga kini telah menolak transformasi kuantitas menjadi kualitas sebagai mistisisme dan transendentalisme yang tidak masuk akal, kini akan menyatakan bahwa itu benar-benar sesuatu yang sangat gamblang, tidak berarti, dan biasa-biasa saja, yang telah lama mereka gunakan, dan dengan begitu mereka tidak mendapatkan pelajaran apapun yang baru. Tetapi dengan--untuk pertama kalinya--telah dirumuskan suatu hukum perkembangan umum dari alam, masyarakat dan pikiran, dalam bentuknya yang kesahihannya bersifat universal, itu untuk selamanya akan merupakan suatu langkah yang bermakna historikal. Dan apabila tuan-tuan ini selama bertahun-tahun telah menyebabkan ditransformasikannya kuantitas dan kualitas hingga tercampur aduknya satu sama yang lainnya, tanpa mengetahui apa yang sedang mereka lakukan itu, maka mereka mesti menghibur diri mereka sendiri dengan Monsieur Joudain-nya Molière yang sepanjang hidupnya mengucapkan prosa tanpa sedikitpun mengerti yang dikatakannya.⁴⁵)

BENTUK-BENTUK DASAR DARI GERAK

Gerak dalam arti yang paling umum, difahami sebagai gaya keberadaan, atribut yang inheren, dari materi, mencakup/meliputi semua perubahan dan proses yang berlangsung dalam jagat raya, dari sekedar perubahan/pergantian tempat hingga sampai pada pikiran. Penyelidikan mengenai sifat gerak sudah dengan sendirinya mesti dimulai dari bentuk-bentuk gerak ini yang paling sederhana, paling rendah dan belajar menangkap semua itu sebelum ia dapat mencapai sesuatu sebagai penjelasan mengenai bentuk-bentuk yang lebih tinggi dan lebih rumit. Karenanya, dalam evolusi historikal ilmu-ilmu pengetahuan alam kita melihat bagaimana yang paling pertama-tama sekali dikembangkan adalah teori mengenai perubahan tempat yang paling sederhana, mekanika dari benda-benda langit dan massa-massa bumi; ia kemudian disusul oleh teori mengenai gerak molekular, fisika, dan segera kemudian, nyaris bersama-sama dan di beberapa tempat mendahuluinya, ilmu pengetahuan mengenai gerak atom-atom, kimia. Hanya setelah berbagai cabang pengetahuan mengenai bentuk-bentuk gerak yang menguasai alam tidak-hidup itu telah mencapai suatu derajat perkembangan yang tinggi, baru dapatlah penjelasan mengenai proses-proses gerak yang mewakili proses kehidupan itu ditangani dengan berhasil. Ini maju secara proporsional dengan kemajuan mengenai mekanika, fisika dan kimia. Akibatnya, sementara mekanika telah cukup lama secara sepadan mampu merujukkan efek-efek penungkil-penungkil tulang yang digerakkan oleh kontraksi otot dalam tubuh hewan pada hukum-hukum yang berlaku juga dalam alam tidak-hidup, substansiasi fisiko-kimiawi gejala-gejala lain dari kehidupan masih sangat berada pada awal perkembangannya. Karenanya di sini, dalam penyelidikan sifat gerak, kita terpaksa memasukkan bentuk-bentuk organik dari gerak itu,. Kita terpaksa membatasi diri kita--sesuai dengan keadaan ilmu-pengetahuan--pada bentuk-bentuk gerak dari alam tidak-hidup.

Semua gerak bertautan dengan sesuatu perubahan / pergantian/perpindahan tempat, apakah itu perubahan tempat benda-benda angkasa, massa-massa bumi, molekul-molekul, atom-atom, atau partikel-partikel ether. Semakin tinggi bentuk gerak itu,

semakin kecil perubahan tempat itu. Ia sama sekali tdiak menguras habis sifat dari gerak bersangkutan, melainkan adalah tidak terpisahkan dari gerak itu. Ia, karenanya, mesti diselidiki sebelum kita menyelidiki apapun lainnya.

Keseluruhan alam yang terbuka bagi kita merupakan sebuah sistem, suatu totalitas yang saling-berkait dari benda-benda, dan dengan bgenda-benda kita mengartikan di sini semua keberadaan (eksistensi) material yang terentang dari bintang-bintang hingga atom-atom, bahkan sampai pada partikel-partikel ether, sejauh diakui keberadaan yang tersebut terakhir itu. Dalam kenyataan bahwa benda-benda ini saling-berkaitan sudah tercakup (pengertian) bahwa mereka bereaksi satu pada yang lainnya, dan justru reaksi timbal balik (satu sama lain) inilah yang menjadikan gerak. Sudah terbukti di sini bahwa materi itu tidak terbayangkan tanpa gerak. Dan apabila, sebagai tambahan, materi dihadapkan pada kita sebagai sesuatu yang tertentu, sama-sama tidak-dapat-diciptakan dan tidak-dapat-dihancurkan, maka berarti bahwa gerak juga tidak-dapat-diciptakan dan tidak-dapat-dihancurkan. Telah menjadi tidak mungkin untuk menolak kesimpulan ini segera setelah diakui bahwa jagat raya merupakan sebuah sistem, suatu antar-keterkaitan benda-benda. Dan sejak pengakuan ini dicapai oleh filsafat, lama sebelum ia diberlakukan secara efektif dalam ilmu-pengetahuan alam, dapatlah dimengerti mengapa filsafat, selama duaratus tahun sebelum ilmu-pengetahuan alam, menarik kesimpulan mengenai tidak-dapat-diciptakan dan tidak- dapat-dihancurkannya gerak. Bahkan bentuk yang dipakainya untuk melakukan ini masih lebih unggul daripada perumusan masa-kini dari ilmu-pengetahuan alam. Azas Descartes, bahwa jumlah (*die Menge*) gerak yang terdapat di dalam alam jagat selalu sama, hanya mengandung kelemahan-formal karena telah memakai suatu ungkapan terbatas bagi suatu kebesaran tak-terhingga. Sebaliknya, dua buah ungkapan mengenai hukum yang sama yang sekarang berlaku dalam ilmu-pengetahuan alam: hukum Helmholtz mengenai konservasi *daya/tenaga*, dan hukum yang lebih baru, yang lebih tepat, yaitu mengenai konservasi *energi*. Dari kedua-duanya ini, yang pertama, seperti akan kita lihat, mengatakan justru kebalikan dari yang lainnya, dan

lebih dari itu, masing-masingnya hanya mengungkapkan satu sisi dari hubungan itu.

Manakala dua benda saling beraksi satu-sama-lain sehingga mengakibatkan suatu permindahan tempat dari yang satu atau pada kedua-duanya, maka perpindahan tempat ini hanya dapat berupa suatu pendekatan atau suatu pemisahan. Mereka saling tarik satu-sama-lain atau mereka saling menolak satu-sama-lain. Atau, sebagaimana mekanika menyatakannya, kekuatan-kekuatan yang beroperasi di antara mereka bersifat sentral, beraksi sepanjang garis yang menyatukan pusat-pusat mereka. Bahwa ini yang terjadi, bahwa demikian kenyataannya tanpa kecuali di seluruh alam jagat, betapapun rumitnya banyak gerakan mungkin tampaknya, dewasa ini diterima sebagai sesuatu yang dengan sendirinya begitu. Akan tampak tidak-masuk-akal untuk berasumsi, manakala dua benda beraksi satu pada yang lainnya dan saling interaksi itu tidak dilawan oleh hambatan apapun atau pengaruh suatu benda ketiga, maka aksi ini mesti dipengaruhi secara lain daripada sepanjang jalan yang terpendek dan paling langsung, yaitu, sepanjang garis lurus yang menyatukan/menghubungkan pusat-pusat mereka.*) Lagi pula, sudah sangat diketahui, bahwa Helmholtz (*Erhaltung der Kraft*, Berlin 1847, Seksi I dan II) telah memberikan bukti matematikal bahwa aksi sentral dan tidak-dapat-diubahnya jumlah gerak (*Bewegungsmenge*)⁴⁸ dikondisikan secara timbal-balik dan bahwa anggapan mengenai aksi-aksi lain kecuali yang sentral itu membawa pada hasil-hasil di mana gerak dapat *atau* diciptakan *atau* dihancurkan. Karena itulah bentuk dasar dari semua gerak adalah pendekatan dan pemisahan, kontraksi dan pemuaian--singkatnya, pertentangan-pertentangan polar (kutub) lama dari *tarikan* dan *tolakan*.

Yang secara istimewa mesti diperhatikan ialah, bahwa di sini, tarikan dan tolakan tidak dipandang sebagai "*kekuatan-kekuatan*" tetapi sebagai *bentuk-bentuk sederhana dari gerak*, tepat sebagaimana Kant sudah memahami materi sebagai kesatuan tarikan dan tolakan. Yang mesti difahami dengan "*kekuatan-kekuatan*" akan ditunjukkan kelak pada waktunya.

Semua gerak terdiri atas saling-pengaruh tarikan dan tolakan. Namun, gerak hanya mungkin apabila setiap tarikan individual dikompensasi oleh tolakan yang bersesuaian di sesuatu tempat lainnya. Jika tidak begitu maka pada waktunya satu sisi akan menjadi lebih kuasa atas yang lainnya dan gerak itu akhirnya akan berhenti. Karenanya, semua tarikan dan semua tolakan dalam jagat raya mesti saling mengimbangi satu sama lain. Demikianlah hukum tidak-dapat-dihancurkan dan tidak-dapat-diciptakannya gerak terungkap dalam bentuk bahwa setiap gerak tarikan dalam jagat raya mesti mempunyai sebagai komplemennya suatu gerak tolakan ekuivalen (kesetaraan) dan *vice versa*; atau, sebagaimana filsafat kuno--lama sebelum perumusan ilmiah-alam mengenai hukum konservasi tenaga atau energi--menyatakannya: jumlah dari semua tarikan dalam alam jagat raya adalah sama dengan jumlah semua tolakan.

Namun, di sini tampaknya masih terdapat dua kemungkinan bagi semua gerak untuk berhenti pada sesuatu waktu, baik itu dikarenakan oleh tolakan dan tarikan yang akhirnya saling membatalkan satu sama lain dalam kenyataan aktual, ataupun dengan total tolakan yang akhirnya menguasai suatu bagian materi dan total tarikan menguasai bagian lainnya. Bagi konsepsi dialektikal, kemungkinan-kemungkinan ini sejak awal dimustahilkan. Sejauh ini, dialektika telah membuktikan dari hasil-hasil pengalaman kita tentang alam, bahwa semua oposisi kutub pada umumnya ditentukan oleh aksi timbal-balik kedua kutub yang berlawanan, bahwa pemisahan dan pertentangan dari kutub-kutub ini hanya ada di dalam saling keterkaitan dan persatuan mereka, dan, sebaliknya, bahwa kesatuan mereka hanya ada di dalam pemisahan mereka dan saling-keterkaitan mereka hanya dalam pertentangan mereka. Setelah ini ditandaskan, tidak ada masalah suatu pembatalan final dari tolakan dan tarikan, atau mengenai suatu pembagian final di antara satu bentuk gerak dalam separoh materi dan bentuk gerak lainnya dalam separoh materi lainnya, karenanya tidak ada masalah saling-penyusupan (penetrasi)⁴⁹ atau pemisahan mutlak dari kedua kutub itu. Itu akan sama saja dengan menuntut, dalam kasus pertama, bahwa kutub utara dan kutub selatan dari sebuah magnet mesti saling-membatalkan atau, dalam kasus kedua,

bahwa membagi sebuah magnet di tengah-tengah antara kedua kutub itu di satu sisi mesti menghasilkan suatu paroh utara tanpa suatu kutub selatan, dan di sisi lainnya suatu paroh selatan tanpa suatu kutub utara. Sekalipun--namun--kemustahilan asumsi-asumsi seperti itu segera nyata dari sifat dialektikal oposisi-oposisi kutub, bagaimanapun, berkat gaya pikiran metafisikal dari para ilmuwan alamyang berkuasa, asumsi kedua setidak-tidaknya memainkan suatu bagian tertentu dalam teori fisikal. Hal ini akan dibicarakan pada tempatnya kelak.

Bagaimanakah gerak menghadirkan dirinya dalam interaksi tarikan dan tolakan? Paling tepat hal ini diteliti dalam bentuk-bentuk gerak masing-masing sendiri. Pada akhirnya, aspek umum dari materi akan memperlihatkan dirinya sendiri.

Mari kita ambil gerak sebuah planet di sekitar benda (badan/kumpulan) sentralnya sendiri. Astronomi sekolahan biasa mengikuti Newton dalam menjelaskan elips yang dilukiskan sebagai hasil aksi bersama dari dua kekuatan, tarikan benda sentral dan suatu kekuatan tanjensial (tangential = yang bersinggungan) yang memacu planet itu di sepanjang kenormalan pada arah tarikan ini. Dengan demikian ia mengambil, di samping bentuk gerak yang berarahkan sentral, juga suatu arah lain dari gerak, atau yang dinamakan "kekuatan," perpendikular (garis tegak-lurus) pada garis yang menghubungkan pusat-pusat itu. Dengan begita ia berlawanan/bertentangan dengan hukum dasar tersebut di atas, yang menyatakan bahwa semua gerak di dalam alam semesta kita hanya dapat terjadi di sepanjang garis yang menghubungkan pusat-pusat benda-benda yang satu sama lain beraksi secara timbal balik, atau, seperti juga dikatakan, yang hanya disebabkan oleh "kekuatan-kekuatan" yang beraksi secara sentral. Dengan begitu ia juga memperkenalkan ke dalam teori itu suatu unsur gerak yang, seperti juga telah kita saksikan, mau-tidak-mau membawa pada penciptaan dan penghancuran gerak, dan karenanya mengandaikan suatu pencipta. Yang mesti dilakukan, karenanya, ialah mengurangi kekuatan tanjensial yang misterius ini menjadi suatu bentuk gerak yang beraksi secara sentral, dan inilah yang dicapai/dilaksanakan oleh teori kosmogoni Kant-Laplace. Sebagaimana sudah sangat

diketahui, menurut konsepsi ini seluruh sistem matahari lahir dari suatu massa serba-gas yang berputar, yang sangat lemah melalui/lewat kontraksi berangsur-angsur. Gerak rotasional (berputar) jelas paling kuat di khatulistiwa (equator) sfera serba-gas ini, dan cincin-cincin serba-gas individual memisahkan diri dari massa itu dan berkerumun bersama (jadi-satu) menjadi planet-planet, planetoid-planetoid, dsb., yang berputar di sekeliling benda sentral dalam arah rotasi (perputaran) aslinya. Perputaran ini sendiri lazimnya diterangkan dari gerak partikel-partikel serba-gas itu sendiri-sendiri. Gerak ini terjadi ke semua arah, tetapi akhirnya suatu eksis dalam satu arah tertentu menjadikannya nyata dan dengan begitu menyebabkan gerak berputar itu, yang pasti menjadi semakin kuat dan semakin kuat dengan kontraksi progresif dari sfera serba-gas itu. Tetapi, hipotesis apapun yang dibuat mengenai asal-usul perputaran (rotasi) itu, kesemuanya menghapuskan kekuatan tanjensial, meleburnya dalam suatu bentuk manifestasi khusus dari gerak yang beraksi secara sentral. Apabila satu unsur gerak planeter, yaitu yang langsung sentral, diwakili oleh gravitasi, tarikan antara planet dan benda sentral itu, maka unsur yang lain, yang tanjensial, tampak sebagai sebuah reliq, dalam suatu bentuk derivatif atau sudah berubah, dari tolakan asli partikel-partikel individual dari sfera serba-gas itu. Dengan demikian proses kehidupan suatu sistem matahari menghadirkan dirinya sebagai saling-pengaruh-mempengaruhinya tarikan dan tolakan, di mana tarikan berangsur-angsur menjadi semakin unggul-mengungguli disebabkan tolakan yang dipancarkan (radiasi) ke ruang angkasa dalam bentuk panas dan dengan demikian semakin menghilang (terhilang) dari sistem itu.

Selintas-kilas orang melihat bahwa bentuk gerak yang di sini difahami sebagai tolakan adalah sama dengan yang oleh ilmu-fisika modern diistilahkan/disebut "*energi*." Dengan kontraksi sistem itu dan akibat menjauhnya benda-benda individual yang menjadi pembentuknya dewasa ini, sistem itu telah kehilangan "*energi*," dan justru kehilangan ini, menurut perhitungan Helmholtz yang terkenal, sudah mencapai 453/454 (empatatuslimapuluhtiga per empat ratus lima puluh empat) dari jumlah total gerak (*Bewegungsmenge*) yang aslinya terdapat dalam bentuk tolakan.

Mari kita sekarang mengambil suatu massa dalam bentuk sebuah benda di atas bumi kita sendiri. Ia dikaitkan dengan bumi oleh gravitasi, sebagaimana bumi pada gilirannya terkait pada matahari; namun, tidak seperti bumi, ia tidak berkemampuan akan suatu gerak planeter yang bebas. Ia hanya dapat digerakkan dengan/oleh suatu impuls dari luar, dan bahkan dengan begitu, sesegera impuls itu terhenti, geraknya segera terhenti pula, baik itu dikarenakan oleh gravitas saja ataupun oleh yang tersebut belakangan itu secara terpadu dengan perlawanan medium di mana ia bergerak. Perlawanan ini sebenarnya juga suatu efek dari gravitas, tanpa itu bumi, di atas permukaannya, tidak akan mempunyai medium perlawanan apapun, tidak akan mempunyai atmosfer apapun. Karenanya, dalam gerak yang semurninya mekanikal di atas permukaan bumi kita menghadapi suatu situasi di mana gravitasi, tarikan, secara menentukan berkuasa, di mana, oleh sebab itu, produksi gerak memperlihatkan kedua tahap: pertama gravitas yang beraksi secara berlawanan dan kemudian memperkenankan gravitas itu beraksi--singkatnya, naik dan jatuh.

Maka, kita mendapati lagi aksi timbal-balik antara tarikan di satu pihak dan suatu bentuk gerak yang terjadi dalam arah berlawanan dengannya, karenanya suatu bentuk gerak tolakan, di lain pihak. Tetapi, di dalam lingkup mekanika yang *semurninya* terestrial [bumi] (yang berurusan dengan massa-massa keadaan-keadaan agregasi dan kohesi *tertentu* yang diliputinya sebagai tidak-dapat-berubah) bentuk gerak tolakan ini tidak terjadi di dalam alam. Kondisi-kondisi fisikal dan kimiawi yang dengannya segumpal batu-karang menjadi terpisah dari suatu puncak-gunung, atau memungkjinkan jatuhnya air, berada di luar lingkup aksinya. Karenanya, dalam mekanika yang semurninya terestrial, gerak tolakan, gerak naik mesti diproduksi secara buatan; dengan tenaga manusia, kekuatan hewani, daya air atau uap, dsb. Dan keadaan ini, keharusan untuk memerangi tarikan alamiah secara buatan, menyebabkan para ahli mekanika menganut pandangan bahwa tarikan, gravitasi, atau--sebagaimana mereka katakan=*kekuatan* gravitas, merupakan bentuk gerak dalam alam yang paling penting, bahkan yang paling dasar.

Manakala, misalnya, suatu beban (bobot) diangkat dan menghubungkan (mengomunikasikan) gerak pada benda-benda lain dengan langsung atau tak-langsung jatuh, maka menurut pandangan mekanika yang biasa, ia bukanlah *pengangkatan* beban itu yang mengomunikasikan gerak ini, melainkan adalah *gaya gravitas* yang melakukannya. Begitulah Helmholtz, misalnya, yang membuat

"kekuatan yang adalah yang paling sederhana dan yang paling kita kenal, yaitu gravitas, yang bertindak sebagai daya pendorongnya.... misalnya dalam lonceng-lonceng yang digerakkan oleh suatu beban. Beban itu....tidak dapat menuruti tarikan gravitas tanpa membuat seluruh kerja-lonceng itu bergerak." Tetapi ia tidak dapat membuat kerja-lonceng itu bergerak tanpa sendiri turun dan itu terus turun sampai rantai yang padanya ia bergantung sepenuhnya terentang habis: "Lalu lonceng itu akan berhenti, karena kapasitas operatif dari beban itu telah habis untuk sementara waktu. Bobotnya bukannya hilang atau berkurang, ia tetap tertarik hingga batas yang sama oleh bumi, tetapi kapasitas bobot ini untuk menghasilkan gerakan-gerakan telah hilang.... Namun, kita dapat, memutar lonceng itu dengan tenaga lengan manusia, sehingga bobot itu kembali dinaikkan. Segera setelah ini terjadi, ia memperoleh kembali kapasitas operatifnya yang semula/sebelumnya dan kembali dapat menggerakkan lonceng itu." (Helmholtz, *Populäre Vorträge*, II, hal. 144-45.)

Maka itu, menurut Helmholtz, bukanlah komunikasi gerak secara aktif, dinaikkannya bobot/beban, yang membuat lonceng itu bergerak, melainkan beratnya bobot pasif itu, sekalipun berat yang sama ini hanya ditarik dari kepasivannya dengan mengangkutnya, dan sekali lagi balik pada kepasivan setelah rantai beban itu terentang habis. Maka, apabila menurut konsepsi modern, seperti yang sudah kita lihat di atas, *energi* hanyalah sebuah ungkapan lain buat *tolakan*, di sini, di dalam konsepsi Helmholtz yang lebih tua, *kekuatan* tampil sebagai ungkapan lain bagi lawan tolakan, bagi *tarikan* (atraksi) Untuk sementara kita catat saja hal ini.

Namun, apabila proses mekanika terestial telah sampai pada akhirnya, manakala massa berat itu pertama-tama sekali telah diangkat dan kemudian jatuh kembali melalui ketinggian yang sama, apakah yang terjadi dengan gerak yang menjadikan proses ini? Bagi mekanika murni, ia telah lenyap. Tetapi kita mengetahui sekarang,

bahwa ia sama sekali tidaklah dihancurkan. Hingga batas tertentu ia telah diubah menjadi getaran-getaran (vibrasi) udara dari gelombang-gelombang suara, hingga suatu batas yang lebih besar lagi, menjadi panas--yang sebagian telah dikomunikasikan pada atmosfer yang berlawanan, sebagian lagi pada benda jatuh itu sendiri, dan sebagian lagi akhirnya pada lantai di atas mana beban itu terhenti. Bobot lonceng itu juga secara berangsur-angsur telah melerpaskan geraknya dalam bentuk panas gesekan pada berbagai roda pendorong/pemacu dari kerja-lonceng itu. Namun, sekalipun lazimnya diungkapkan secara demikian, bukanlah gerak *jatuh* itu, yaitu tarikan itu, yang telah beralih menjadi panas, dan dengan begitu menjadi suatu bentuk tolakan. Sebaliknya, sebagaimana dengan tepat dinyatakan oleh Helmholtz, tarikan itu, beratnya itu, tetap sebagaimana itu sebelumnya dan, dikatakan secara secermatnya, bahkan menjadi lebih besar. Lebih tepatnya, adalah tolakan itu yang dikomunikasikan pada benda yang terangkat itu dengan mengangkatnya, yang dihancurkan secara *mekanikal* dengan jatuh dan muncul kembali sebagai panas. Tolakan massa-massa diubah menjadi tolakan molekular.

Panas, sebagaimana sudah dinyatakan, adalah suatu bentuk tolakan. Ia menggerakkan molekul-molekul benda-benda padat beroskilasi (bergoyang-goyang), dengan demikian melepaskan kaitan-kaitan molekul-molekul itu sendiri-sendiri sehingga akhirnya berlangsunglah peralihan ke keadaan cair itu. Dalam keadaan cair itu juga, dengan terus ditambahkannya panas, ia meningkatkan gerak molekul-molekul itu hingga tercapailah suatu derajat di mana molekul-molekul itu sepenuhnya memisahkan diri dari massa itu dan, pada kecepatan tertentu yang ditentukan bagi setiap molekul oleh susunan kimiawinya, mereka bergerak menjauh secara sendiri-sendiri dalam keadaan bebas. Dengan penambahan panas lebih lanjut, kecepatan itu semakin ditingkatkan, dan dengan begitu molekul-molekul itu semakin saling-tolak-menolak satu sama lainnya.

Namun panas itu suatu bentuk dari apa yang dinamakan "energi"; di sini lagi-lagi ternyata bahwa yang tersebut belakangan itu adalah identikal dengan tolakan.

Dalam gejala-gejala listrik statik dan magnetisme, kita dapatkan suatu distribusi polar dari tarikan dan tolakan. Apapun hipotesis yang diterima mengenai *modus operandi* kedua bentuk ini, berdasarkan fakta tidak ada keraguan sedikitpun bahwa tarikan dan tolakan, sejauh-jauh mereka diproduksi/dihasilkan oleh listrik statik atau magnetisme dan mampu untuk berkembang tanpa halangan, mereka sepenuhnya saling mengompensasi (kompensasi) satu sama lain, sebagaimana nyata tidak-bisa-tidak disebabkan oleh sifat distribusi polar itu sendiri. Dua kutub yang kegiatan-kegiatannya tidak sepenuhnya saling mengompensasi satu sama lain memang bukan kutub-kutub, dan sejauh ini belum pernah dijumpai dalam alam. Untuk sementara kita tidak akan membicarakan galvanisme, karena dalam hal ini, prosesnya ditentukan oleh reaksi-reaksi kimiawi, yang menjadikannya semakin rumit. Karenanya, lebih baik kita meneliti proses-proses kimiawi dari gerak itu.

Manakala dua bagian berat hidrogen berpadu dengan 15,96 bagian berat oksigen untuk membentuk uap air, suatu jumlah panas sebanyak 68,924 satuan-panas dikembangkan selama proses itu. Sebaliknya, apabila 17,96 bagian berat uap air didekomposisikan menjadi dua bagian berat hidrogen dan 15,96 bagian berat oksigen, hal ini hanya mungkin dengan syarat bahwa uap air itu telah mengomunikasikan suatu jumlah gerak yang setara dengan 68,924 satuan-panas--baik itu dalam bentuk panas itu sendiri atau dalam bentuk gerak elektrik. Dalam mayoritas terbesar kasus, gerak dilepaskan/terjadi pada perpaduan dan mesti disuplai pada dekomposisi. Juga di sini, lazimnya, tolakan merupakan segi aktif dari proses itu, yang lebih dibekali dengan gerak atau memerlukan suatu tambahan gerak, sedangkan tarikan merupakan segi pasif yang menghasilkan suatu surplus gerak dan melepaskan gerakan. Berdasar hal ini, teori modern juga menyatakan bahwa, dalam keseluruhannya, energi itu dibebaskan pada waktu (saat) perpaduan unsur- unsur dan menjadi tergabung pada saat dekomposisi. Di sini, karena itu, energi lagi-lagi berarti tolakan. Dan Helmholtz kembali menyatakan:

"Kekuatan ini (afinitas kimiawi) dapat difahami sebagai suatu kekuatan *tarikan*.... Kekuatan tarikan ini di antara atom-atom

karbon dan oksigen melaksanakan pekerjaan sangat sama banyaknya seperti (dengan) yang dikerahkan pada suatu berat yang diangkat oleh bumi dalam bentuk gravitasi... Manakala atom-atom karbon dan oksigen saling menyerbu satu sama lain dan berpadu untuk membentuk asam karbonik, maka partikel-partikel asam karbonik yang baru terbentuk itu mesti berada dalam gerak molekular yang dahsyat, yaitu, dalam gerak panas.... Apabila kemudian mereka melepaskan panas mereka pada lingkungan, kita masih mendapati dalam asam karbonik itu semua karbon, semua oksigen, dan tambahan lagi afinitas dari keduanya terus berada/hidup dengan sama kuat-perkasanya seperti sebelumnya. Tetapi, afinitas ini kini menyatakan dirinya semata-mata dalam kenyataan bahwa atom-atom karbon dan oksigen lekat-rapat satu-sama-lain, dan tidak memperkenankan terpisahnya mereka kembali." (Helmholtz, *ibid.*, hal. 169.)

Helmholtz berkukuh bahwa dalam ilmu kimia maupun dalam ilmu mekanika, kekuatan hanya ada dalam *tarikan*, dan karena itu menjadi tepat berlawanan dengan yang oleh para ahli fisika lainnya disebut energi dan yang identikal dengan *tolakan*.

Maka, kini tidak hanya terdapat dua bentuk dari dari tarikan dan tolakan yang sederhana, melainkan serangkaian/sederetan penuh anak-anak bentuk di mana pemutaran dan pelepasan proses gerak universal berlangsung di dalam oposisi tarikan dan tolakan. Namun, sama-sekali tidaklah hanya dalam pikiran kita beraneka-ragam bentuk penampilan ini difahami dalam *ketunggalan* ungkapan gerak. Sebaliknya, semuanya itu membuktikan diri dalam aksi bahwa mereka adalah bentuk-bentuk dari gerak yang satu dan sama dengan cara mereka beralih yang satu menjadi yang lainnya dalam keadaan-keadaan tertentu. Gerak massa-massa secara mekanikal beralih menjadi panas, menjadi listrik, menjadi magnetisme; panas dan listrik beralih menjadi dekomposisi kimiawi; kombinasi kimiawi pada gilirannya lagi melahirkan panas dan listrik dan, lewat yang tersebut terakhir, magnetisme; dan akhirnya, panas dan listrik kembali menghasilkan lebih banyak gerak massa-massa secara mekanikal. Selanjutnya, perubahan-perubahan ini terjadi sedemikian rupa sehingga sejumlah bentuk gerak tertentu selalu mempunyai suatu jumlah tertentu yang tepat-sama dari bentuk gerak yang lain. Selanjutnya, tidaklah peduli bentuk gerak yang mana menentukan satuan untuk mengukur jumlah gerak itu, apakah itu untuk

mengukur gerak massa, panas, yang dinamakan kekuatan elektromotive, atau gerak yang menjalani transformasi dalam proses-proses kimiawi.

Di sini kita bersandar pada teori "konservasi energi" yang ditegakkan oleh J.R. Mayer**) pada tahun 1842 dan kemudian disusun secara internasional dengan keberhasilan yang begitu cemerlang, dan kini kita mesti meneliti konsep-konsep fundamental yang dipakai dewasa ini oleh teori ini. Ini adalah konsep-konsep mengenai "kekuatan/daya," atau "energi," dan "kerja".

Telah ditunjukkan di atas, bahwa menurut pandangan modern, yang kini umumnya diterima, energi adalah istilah yang dipakai untuk tolakan, sedangkan Helmholtz lebih banyak memakai kata daya untuk menyatakan tarikan. Orang dapat menganggap ini suatu perbedaan formal yang tidak penting, sejauh tarikan dan tolakan itu saling mengompensasi satu sama lain di jagat raya, dan sesuai dengan itu persoalan segi mana dari hubungan itu yang dianggap sebagai positif dan yang mana sebagai yang negatif akan tampak sebagai hal yang tidak perlu dipersoalkan, sebagaimana itu sendiri tidaklah penting manakala absisae (abscissae) dihitung ke kanan atau ke kiri dari sebuah titik dalam suatu garis tertentu. Namun, hal ini sama sekali tidaklah demikian mutlaknyanya.

Karena, di sini kita tidak mempersoalkan--pertama-tama--alam semesta, tetapi gejala-gejala yang terjadi di atas bumi dan dikondisikan oleh tertentunya posisi bumi secara pasti di dalam sistem matahari (tata-surya), dan posisi sistem matahari dalam alam semesta. Namun, setiap saat, sistem matahari kita mengeluarkan kuantitas-kuantitas gerak secara luar-biasa besarnya ke ruang angkasa, dan--lagi pula--gerak dari suatu kualitas yang sangat tertentu, yaitu, panas matahari, yaitu tolakan. Tetapi bumi kita sendiri memungkinkan keberadaan kehidupan di atasnya hanya dikarenakan panas matahari, dan pada akhirnya, bumi pada gilirannya memancarkan panas matahari yang diterimanya ke ruang angkasa, setelah ia mengubah sebagaian dari panas ini menjadi bentuk-bentuk gerak yang lain. Karenanya, di dalam sistem matahari dan di atas segala-galanya di atas bumi, tarikan sudah sangat mengungguli (mengatasi) tolakan. Tanpa gerak tolakan yang

dipancarkan pada kita dari matahari, semua gerak di atas bumi akan terhenti. Seandainya esok matahari itu menjadi dingin, maka tarikan di atas bumi akan tetap, dengan semua keadaan lainnya tetap sama, sebagaimana ia adanya sekarang. Seperti di muka, sebuah batu yang beratnya 100 kilogram, di manapun batu itu ditempatkan, akan tetap 100 kilogram beratnya. Tetapi gerak itu, baik yang dari massa-massa dan dari molekul-molekul dan atom-atom, akan sampai/menjadi yang akan kita anggap sebagai suatu perhentian. Maka dari itu, jelaslah bahwa bagi proses-proses yang terjadi dewasa ini di atas *bumi*, sama sekali bukan masalah yang tak-perlu-dihiraukan apakah tarikan atau tolakan difahami sebagai segi aktif dari gerak, dan karenanya sebagai "daya," atau "energi". Sebaliknya, dewasa ini di atas bumi, tarikan sudah menjadi *pasif sepenuhnya* dikarenakan kemantapannya yang lebih menentukan di atas tolakan; kita berhutang semua gerak aktif pada suplai tolakan dari matahari. Karena itu, aliran modern--bahkan apabila masih tetap tidak jelas mengenai sifat hubungan gerak--betapa-pun, dalam hal kenyataan dan bagi proses-proses *terrestrial*, bahkan bagi seluruh sistem matahari, secara mutlak benar dalam memahami energi sebagai tolakan.

Istilah "energi" sama sekali tidak secara tepat mengungkapkan seluruh hubungan gerak, karena ia hanya mencakup satu aspek saja, yaitu aksinya tetapi penciptaannya tidak. Ia masih membuat seakan-akan "energi" itu sesuatu yang di luar (eksternal) materi, sesuatu yang ditanamkan ke dalamnya. Tetapi dalam segala keadaan ia lebih disukai/dipilih daripada ungkapan "daya".

Sebagaimana umumnya diakui (dari Hegel hingga Helmholtz), pengertian daya diderivasi dari kegiatan organisme manusia di dalam lingkungannya. Kita berbicara tentang kekuatan otot, mengenai daya angkat lengan, mengenai daya loncat kaki, mengenai daya cerna perut dan sistem intestinal, mengenai daya sensor syaraf-syaraf, mengenai daya sekretori kelenjar-kelenjar, dsb. Dengan kata-kata lain, demi pengamanan karena mesti memberikan sebab sebenarnya sesuatu perubahan yang ditimbulkan oleh suatu fungsi organisme kita, kita menggantikannya dengan sebuah sebab karangan, sesuatu yang disebut daya yang bersesuaian dengan

perubah-an itu. Kemudian kita alihkan metode yang memudahkan ini kepada dunia eksternal juga, dan dengan begitu membuat penemuan kekuatan-kekutan/daya-daya sebanyak adanya beraneka-ragam gejala.

Pada masa *Hegel*, ilmu-pengetahuan alam (barangkali dengan pengecualian ilmu-mekanika langit dan bumi) masih berada dalam keadaan pandir (*naive*), dan Hegel dengan tepat sekali menyerang cara penunjukan (denotasi) daya-daya yang berlaku (pasase yang akan dikutip).⁵¹⁾ Seperti itu pula dalam sebuah pasase lain:

"Adalah lebih baik (mengatakan) bahwa sebuah magnet mempunyai suatu *roh*" (sebagaimana Thales menyatakannya) "daripada bahwa ia mempunyai suatu daya tarikan; daya adalah semacam sifat yang, *terpisahkan dari materi* dikemukakan sebagai sebuah predikat --sedangkan roh, sebaliknya, *adalah gerak ini sendiri, identikal dengan sifatnya materi.*" (*Geschichte der Philosophie*, I, hal. 208.)

Dewasa ini kita lagi menggampangkan persoalan daya-daya. Mari kita dengar Helmholtz:

"Apabila kita sepenuhnya mengenal sebuah hukum alam, kita juga mesti menuntut bahwa hukum itu mesti beroperasi tanpa pengecualian... Dengan demikian hukum berhadapan dengan kita sebagai suatu kekuatan objektif, dan bersesuaian dengan itu kita menamakannya suatu *daya*. Misalnya, kita mengobjektivikasi hukum refraksi cahaya sebagai suatu daya refraktif dari substansi-substansi transparan, hukum afinitas kimiawi sebagai suatu daya afinitas dari berbagai substansi satu-sama-lain. Begitulah kita berbicara mengenai daya elektrik dari kontak metal-metal, mengenai daya adhesi, daya kapilari, dan begitu seterusnya. Nama-nama ini mengobjektivikasi hukum-hukum yang terutama hanya mencakup suatu rangkaian terbatas proses-proses alamiah, yang *kondisi-kondisinya masih rada-rada rumit...* Daya hanyalah hukum aksi yang diobjektivikasi.... Ide abstrak mengenai daya yang kita perkenalkan/ajukan hanya menambahkan bahwa kita tidak secara sewenang-swenang membuat penemuan hukum ini, melainkan bahwa ia adalah sebuah hukum gejala-gejala yang merupakan keharusan. Karena itu tuntutan kita untuk *memahami* gejala-gejala alam, yaitu, menemukan *hukum-hukumnya*, mengambil suatu bentuk ungkapan yang lain, yaitu, bahwa kita harus

menemukan *daya-daya* yang menjadi sebab-sebab dari gejala-gejala itu." (*Loc. cit.*, hal.189- 91. Ceramah Innsbruck tahun 1869.)

Pertama-tama, jelaslah suatu cara "objektifikasi" yang ganjil apabila pengertian mengenai *daya* yang *semurninya subjektif* itu dimasukkan ke dalam suatu hukum alam yang sudah ditegakkan sebagai bebas dari subjektivitas kita dan oleh karenanya sepenuhnya bersifat *objektif*. Paling-bantar seorang Hegelian-tua dari tipe yang paling tegar dapat memperkenankan hal seperti itu bagi dirinya, namun tidak bagi seorang Neo-Kantian seperti Helmholtz. Hukum itu, sekali ia telah dimantapkan, maupun objektivitasnya ataupun objektivitas aksinya, sedikitpun tidak memerlukan objektivitas baru dari/oleh kita dengan penginterpolasian suatu daya ke dalamnya; yang ditambahkan adalah *anggapan subjektif* kita bahwa ia bertindak berkat suatu daya yang sejauh ini sama sekali tidak dikenal/diketahui. Namun makna rahasia dari interpolasi ini segera tampak ketika Helmholtz memberikan contoh-contoh pada kita: refraksi cahaya, afinitas kimiawi, listrik kontak, adhesi, kapilaritas, dan mengangkat hukum-hukum yang menguasai gejala-gejala ini pada peringkat keningratan "objektif" sebagai *daya-daya*. "Nama-nama ini mengobjektifikasi hukum-hukum yang terutama hanya mencakup suatu rangkaian terbatas proses-proses alamiah, yang kondisi-kondisinya *masih rada-rada rumit*." Dan justru di sinilah "objektifikasi" itu, yang lebih bersifat subjektifikasi, memperoleh maknanya; tidak karena kita telah menjadi sepenuhnya mengenal hukum itu, melainkan justru karena *tidak demikianlah kenyataannya*. Justru karena kita *belum* jelas mengenai "kondisi-kondisi yang rada-rada rumit" dari gejala-gejala ini, kita sering mencari pelarian kita dalam kata daya itu. Dengan begitu kita tidak menyatakan pengetahuan kita, melainkan (justru) *kekurangan /ketiadaan* pengetahuan kita mengenai sifat hukum itu dan gaya aksinya. Dalam pengertian ini, sebagai suatu ungkapan singkat bagi suatu pertautan sambil-lalu yang masih belum dijelaskan, sebagai suatu ungkapan asal-jadi, ia mungkin lolos ke dalam pemakaian dewasa ini. Apapun saja daripada yang dari kebatilan. Dengan hak yang sama absahnya sebagaimana Helmholtz menjelaskan gejala-gejala fisik dari apa yang dinamakan daya refraktif, daya kontak elektrik, dsb., para skolastik abad-pertengahan menjelaskan perubahan-perubahan temperatur (suhu) melalui/dengan suatu *vis calorifica* dan *vis frigificans* dan dengan demikian

mengamankan/menyelamatkan diri mereka dari semua penelitian lebih lanjut mengenai gejala-gejala panas.

Dan bahkan dalam arti ini ia sungguh malang, karena ia mengungkapkan segala sesuatu dengan cara yang berat-sebelah. Semua proses alam adalah bersegi-dua, mereka didasarkan pada hubungan setidak-tidaknya dua bagian operatif, aksi dan reaksi. Namun, pengertian daya, karena asal-usulnya dari aksi organisme manusia atas dunia eksternal, dan selanjutnya dari mekanika bumi, berarti bahwa hanya satu bagian yang aktif, operatif, sedangkan bagian lainnya adalah pasif, nerimo; karenanya ia menetapkan suatu perluasan perbedaan yang belum dapat diperagakan di antara jenis-jenis kelamin pada objek-objek mati (tidak hidup). Reaksi dari bagian kedua, yang padanya daya itu bekerja, paling-paling tampil sebagai suatu reaksi pasif, sebagai suatu *tentangan*. Nah, gaya konsepsi ini diperkenankan dalam sejumlah bidang, bahkan di luar mekanika murni, yaitu, di mana ia menjadi masalah pengalihan gerak secara sederhana dan penghitungan kuantitatifnya. Tetapi, dalam proses-proses fisikal yang lebih rumit, ia tidak mencukupi, sebagaimana dibuktikan oleh contoh-contoh Helmholtz sendiri. Daya refraktif itu sama kuatnya terletak dalam cahaya itu sendiri seperti dalam benda-benda transparan itu. Dalam hal adhesi dan kapilaritas, jelaslah bahwa "daya" itu sama kuatnya berada dalam permukaan yang padat seperti dalam permukaan yang cair. Bagaimanapun, dalam listrik kontak, halnya sudah jelas, yaitu, bahwa *kedua* metal menyumbang padanya, dan "afinitas kimiawi" juga berada--kalaupun di manapun—dalam *kedua* bagian yang memasuki perpaduan/penggabungan. Tetapi suatu daya yang terdiri atas dua daya yang terpisah, suatu aksi yang tidak menimbulkan reaksinya, tetapi yang mencakup dan menanggung ini di dalamnya sendiri, bukanlah daya dalam pengertian mekanika terestrial, satu-satunya ilmu-pengetahuan di mana seseorang sungguh-sungguh mengetahui apa yang dimaksudkan dengan suatu daya. Karena kondisi-kondisi pokok dari mekanika terestrial adalah, pertama-tama, penolakan untuk meneliti sebab-sebab dari impuls itu, yaitu, sifat dari daya tertentu, dan, kedua, pandangan mengenai kebersegi-satunya daya, karena di mana-mana ia ditentang oleh suatu daya gravitasional yang identikal, sedemikian rupa sehingga dibandingkan dengan jarak jatuh terestrial yang manapun, maka jarak-tempuh (radius) bumi = "tak-terhingga".

Tetapi, mari kita lebih lanjut melihat bagaimana Helmholtz "mengobjektivikasi daya-dayanya" ke dalam hukum-hukum alam.

Dalam sebuah ceramah di tahun 1854 (*loc. cit.*, hal.119)52) ia memeriksa simpanan daya kerja yang aslinya dikandung dalam nebula sferikal dari mana sistem matahari kita dibentuk.

"Sesungguhnya ia menerima suatu warisan yang luar-biasa besarnya dalam hal ini, sekalipun dalam bentuk daya tarikan umum dari semua bagiannya satu-sama-lain."

Hal ini tidak dapat disangkal. Tetapi adalah sama tidak-dapat-disangkal bahwa keseluruhan dari warisan gravitas atau gravitasi ini hadir tanpa berkurang di dalam sistem matahari sekarang, kecuali--barangkali-- kuantitas yang teramat kecil yang hilang bersama materi yang mungkin dilempar keluar secara tidak-terelakan ke ruang angkasa.

"Daya-daya kimiawi juga mesti sudah ada/hadir dan siap untuk beraksi/bertindak; tetapi, karena daya-daya ini hanya bisa menjadi efektif dalam kontak akrab berbagai jenis massa, maka kondensasi mesti terjadi sebelum mereka berperan." (hal. 120)

Apabila, seperti yang dilakukan Helmholtz di atas ini, kita memandang daya-daya kimiawi ini sebagai daya-daya afinitas, artinya sebagai *tarikan*, maka kembali kita mau-tak-mau mesti mengatakan bahwa jumlah-total daya-daya kimiawi dari tarikan ini masih ada tanpa berkurang di dalam sistem matahari.

Tetapi pada halaman yang sama, kepada kita Helmholtz memberikan sebagai hasil perhitungan-perhitungan,

"bahwa barangkali hanya 454-bagian dari daya mekanikal asli yang terdapat seperti itu"-- yaitu, dalam sistem matahari itu.

Bagaimana orang mesti mengartikan itu? Daya tarikan, baik yang umum maupun yang kimiawi, masih hadir tanpa gangguan apapun di dalam sistem matahari. Helmholtz tidak menyebutkan sumber tertentu lainnya dari daya itu. Bagaimanapun, menurut Helmholtz, daya-daya ini telah melakukan pekerjaan yang luar-biasa. Namun semuanya itu tidak berkurang ataupun bertambah karenanya. Seperti halnya dengan berat lonceng yang tersebut di atas, demikian pula dengan setiap

molekul di dalam sistem matahari dan seluruh sistem matahari itu sendiri. "Beratnya tidak hilang ataupun berkurang." Yang terjadi dengan karbon dan oksigen sebagaimana yang disebutkan, berlaku pula bagi semua unsur kimiawi: jumlah kuantitas tertentu dari masing-masingnya tetap, dan "jumlah daya afinitas terus ada dengan sama kuatnya seperti pada waktu sebelumnya." Lalu, apakah yang telah hilang? Dan "daya" apakah yang telah melakukan kerja luar-biasa yang adalah 453 kali lebih besar daripada yang, menurut perhitungannya, masih mampu dilakukan oleh sistem matahari itu? Hingga di sini Helmholtz tidak memberikan jawaban. Namun lebih lanjut ia mengatakan:

"Apakah [dalam nebula sferikal asli] suatu _cadangan daya dalam bentuk panas _masih hadir, kita tidak tahu."

Tetapi, jika kita diperkenankan menyebutkannya, panas itu adalah suatu "daya" tolakan, karenanya ia bertindak *berlawanan* dengan tarikan gravitasi maupun kimiawi, yaitu berarti minus apabila ini ditempatkan sebagai plus. Maka apabila, menurut Helmholtz, cadangan daya asli itu terdiri atas *tarikan* umum dan kimiawi, suatu cadangan panas ekstra mestilah, tidak ditambahkan pada cadangan daya itu, melainkan ditarik/dikurangi darinya. Jika tidak demikian halnya maka panas matahari mestilah *memperkuat* daya tarikan bumi apabila ia menyebabkan air meng-uap ke arah *lawan* tarisan ini, dan uap air itu naik; atau panas sebuah pipa (tube) besi pijar yang dilalui uap akan *memperkuat* tarikan kimiawi oksigen dan hidrogen, yang membuatnya tidak beraksi. Atau, untuk membuat jelas hal yang sama itu dalam suatu bentuk lain: mari kita menganggap bahwa nebul sferikal dengan radius r , dan karenanya dengan volume $\frac{4}{3} \pi r^3$ mempunyai suatu suhu t . Selanjutnya mari kita anggap sebuah nebul sferikal kedua dari massa yang sama pada suhu lebih tinggi T mempunyai radius R yang lebih besar dan volume $\frac{4}{3} \pi R^3$. Kini menjadi jelas bahwa dalam nebula kedua, tarikan itu, baik yang mekanikal maupun yang fisikal dan kimiawi, dapat bertindak dengan daya yang sama seperti pada nebula pertama ketika ia mengkeret dari radius R menjadi radius r , yaitu, ketika ia telah memancarkan panas itu ke angkasa sesuai dengan perbedaan suhu $T-t$. Suatu nebula yang lebih panas oleh karenanya berkondensasi lebih lambat/belakangan daripada nebula yang lebih dingin; Dan sebagai konsekuensinya, panas itu, yang

dari pendirian Helmholtz dipandang sebagai suatu rintangan bagi kondensasi, bukanlah suatu plus melainkan suatu minus dari "cadangan daya." Helmholtz, dengan mengandaikan kemungkinan sejumlah gerak *tolakan* dalam bentuk panas menjadi ditambahkan pada bentuk-bentuk gerak *tarikan*, jelas-jelas melakukan suatu kesalahan perhitungan.

Sekarang, mari kita tempatkan keseluruhan dari "cadangan daya" ini, yang mungkin maupun yang dapat didemonstrasikan, di bawah tanda matematikal yang sama sehingga suatu tambahan menjadi mungkin. Karena sementara ini kita tidak dapat membalikkan panas dan menggantikan tolakannya dengan tarikan setara, kita terpaksa melaksanakan pembalikan ini dengan kedua bentuk tarikan. Kemudian, gantinya daya tarikan umum, gantinya afinitas kimiawi, dan gantinya panas, yang lagipula mungkin sudah ada sejak awal, kita cuma mesti menempatkan jumlah gerak tolakan atau yang disebut energi yang terdapat di dalam sfera serba-gas pada saat ia menjadi bebas. Dan dengan melakukan hal itu maka perhitungan Helmholtz juga menjadi sah, dalam hal ia bermaksud memperhitungkan "pemanasan yang mesti lahir dari perkiraan kondensasi awal benda-benda langit dari sistem kita dari materi serba-nebula yang berserakan." Dengan mereduksikan seluruh "cadangan daya" pada panas, tolakan, ia juga membuatnya mungkin untuk menambah pada perkiraan cadangan daya panas itu. Perhitungan itu kemudian menyatakan bahwa 453/454 dari semuanya energi, yaitu tolakan, yang aslinya terdapat di dalam sfera serba-gas telah diradiasikan/dipancarkan ke angkasa dalam bentuk panas, atau, agar lebih tepatnya, bahwa jumlah dari semua tarikan dalam sistem matahari sekarang dalam hubungannya dengan jumlah semua tolakan, masih terdapat di dalam yang sama, yaitu 454:1. Tetapi ia dengan demikian secara langsung mengingkari teks ceramah yang kepadanya hal itu ditambahkan sebagai bukti.

Maka, apabila pengertian daya, bahkan dalam kasus seorang ahli fisika seperti Helmholtz, menimbulkan kekacauan gagasan seperti itu, ini merupakan bukti paling kuat bahwa ia sama sekali tidak mempan bagi penggunaan ilmiah di semua cabang penelitian yang melampaui ilmu mekanika matematikal. Dalam ilmu mekanika sebab-sebab gerak dianggap tertentu dan asal-usulnya tidak dipandang, hanya efek-efeknya yang diperhitungkan. Maka, apabila suatu sebab dari gerak diistilahkan suatu daya, ini tidak mengganggu ilmu mekanika sendiri;

tetapi telah menjadi kebiasaan untuk mengalihkan istilah ini juga pada ilmu fisika, kimia, dan biologi, dan kemudian kekacauan itu menjadi tidak terelakkan. Kita sudah melihat hal ini dan kelak akan acapkali menyaksikannya lagi.

Untuk konsep mengenai kerja, lihat bab berikutnya.

Catatan:

*) Pada bagian tepi manuskrip itu tertulis catatan berikut ini dengan pensil: "Kant (mengatakan), halaman 22, bahwa ketiga dimensi ruang itu bergantung pada kenyataan bahwa tarikan atau tolakan ini terjadi dalam proporsi terbalik dengan kwadrat (hasil perkalian) jarak itu."47)

***) Helmholtz, dalam *Pop. Vortr.*, 50)_II, hal. 113, agaknya telah menjulukkan sebagian tertentu dari bukti ilmiah-alam dari azas Descartes mengenai kekekalan (immutability) gerak secara kuantitatif pada dirinya sendiri maupun pada Mayer dan Colding. "Aku sendiri, tanpa mengetahui sedikitpun akan Mayer dan Colding, dan hanya berkenalan dengan eksperimen-eksperimen Joule pada akhir karyaku, *telah menempuh jalan yang sama*; aku menyibukkan diriku terutama dengan menyelidiki semua hubungan antara berbagai proses alam yang dapat dideduksi dari gaya pertimbangan tertentu, dan aku *mengumumkan penelitian-penelitianku* pada tahun 1847 dalam sebuah karya kecil yang berjudul *Über die Erhaltung der Kraft*."--Tetapi, dalam karya itu tidak dijumpai yang baru bagi posisi itu pada tahun 1847 kecuali perkembangan tersebut di atas, yang secara matematikal sangat berharga, bahwa "konservasi daya" dan aksi sentral dari kekuatan-kekuatan yang aktif di antara berbagai benda sesuatu sistem hanyalah dua ungkapan yang berbeda dari hal yang sama, dan lebih jauh suatu perumusan yang lebih cermat mengenai hukum bahwa jumlah dari tenaga-tenaga yang hidup dan tensial dalam sesuatu sistem *mekanikal* tertentu adalah konstan. Dalam semua hal lainnya ia sudah didahului sejak makalah kedua Mayer di tahun 1845. Pada tahun 1842 Mayer sudah menyatakan mengenai "tidak-dapat-hancurnya kekuatan/daya," dan dari pendirian barunya pada tahun 1845 ia sudah berbicara tentang hal-hal yang jauh lebih cemerlang mengenai "hubungan-hubungan antara berbagai proses alam" daripada yang diungkapkan Helmholtz pada tahun 1847.

UKURAN GERAK. -- KERJA

"Di lain pihak, hingga kini aku selalu berpendapat, bahwa konsep-konsep dasar di bidang ini" (yaitu, "konsep-konsep fisikal yang mendasar mengenai kerja dan kemustahilan-perubahannya") "tampak sangat sulit ditangkap bagi orang-orang yang tidak menempuh pendidikan dalam ilmu mekanika matematikal, walaupun adanya segala niat menyala-nyala, semua inteligensi, dan bahkan suatu tingkat pengetahuan ilmu-alam yang cukup tinggi. Lagi pula, tidak dapat disangkal bahwa semuanya itu adalah sejenis abstraksi-abstraksi yang ganjil. Tidaklah tanpa kesulitan, bahwa bahkan intelek dari seorang seperti I. Kant berhasil memahaminya, sebagaimana dibuktikan oleh polemiknya terhadap Leibniz mengenai masalah ini."

Demikian kata Helmholtz. (*Pop. wiss. Vortr.*, II, Kata Pendahuluan.)

Menurut ini, kita kini sedang memasuki suatu bidang yang sangat berbahaya, dan semakin bahaya karena kita tidak dapat dengan sekehendak hati memandu para pembaca "melalui pendidikan ilmu mekanika matematikal." Namun, barangkali, akan ternyata--apabila masalahnya ialah masalah konsep-konsep--bahwa pemikiran dialektikal setidak-tidaknya akan membawa diri kita hingga sejauh perhitungan matematikal.

Galileo menemukan, di satu pihak, hukum mengenai kejatuhan, yang menyatakan bahwa jarak-jarak yang dilalui oleh benda-benda yang jatuh adalah proporsional dengan kuadrat-kuadrat waktu-waktu yang berlangsung dalam kejatuhan itu. Di lain pihak, seperti yang akan kita lihat, ia mengajukan proposisi yang tidak begitu cocok, bahwa kuantitas gerak sesuatu benda (*impeto-* atau *momento-*nya) ditentukan sedemikian rupa oleh massa dan kecepatan (*velocity*) hingga bagi massa konstan ia adalah proporsional dengan kecepatan itu. Descartes menggunakan proposisi terakhir ini dan secara umum sekali membuat produk dari massa dan kecepatan dari sebuah benda yang bergerak menjadi ukuran dari geraknya itu.

Huyghens sudah menemukan bahwa, pada impakt elastik, jumlah produk-produk massa-massa dan kuadrat-kuadrat kecepatan mereka

tetap sama pada sebelum dan sesudah impakt, dan bahwa suatu hukum yang analog dengan itu berlaku pula dalam berbagai kasus gerak benda-benda lainnya yang disatukan ke dalam sebuah sistem.

Leibniz adalah orang pertama yang menyadari bahwa ukuran gerak Cartesian berkontradiksi dengan hukum kejatuhan. Di lain pihak, tidak dapat disangkal bahwa dalam banyak kasus, ukuran Cartesian itu benar adanya. Sesuai dengan itu, Leibniz membagi daya-daya gerak dalam daya-daya mati dan daya-daya hidup. Yang mati adalah "dorongan-dorongan" atau "tarikan-tarikan" benda-benda yang diam, dan ukuran mereka produk dari massa itu dan kecepatan yang dengannya benda itu akan bergerak jika ia beralih dari suatu keadaan diam pada suatu keadaan bergerak. Di lain pihak, ia mengemukakan sebagai ukuran *vis viva*, dari gerak real sesuatu benda, produk dari massa itu dan kuadrat kecepatan. Ukuran baru untuk gerak ini diambilnya langsung dari hukum kejatuhan.

"Daya yang sama diperlukan," demikisan Leibniz menyimpulkan, "untuk mengangkat sebuah benda yang beratnya empat pon satu kaki, seperti mengangkat sebuah benda yang beratnya satu pon setinggi empat kaki; tetapi jarak-jarak itu proporsional dengan kuadrat kecepatan, karena apabila sebuah benda jatuh empat kaki, ia mencapai kecepatan yang dua-kali lipat kecepatan yang dicapai jika jatuhnya hanya satu kaki. Namun, benda-benda di waktu jatuh mencaput daya untuk naik ke ketinggian yang sama seperti ketinggian jatuhnya; maka itu daya-daya itu proporsional dengan kuadrat kecepatan itu." (Suter, *Geschichte der mathematischen Wissenschaften*, II, hal. 367.)

Tetapi, seterusnya ia menunjukkan bahwa ukuran gerak mv adalah berkontradiksi dengan hukum Cartesian mengenai konstansi kuantitas gerak, karena jika ia benar-benar berlaku, maka daya (yaitu jumlah gerak) dalam alam akan senantiasa meningkat atau berkurang. Ia bahkan menyarankan sebuah aparat (1690, *Acta Eruditorum*⁴⁵) yang, jika ukuran mv itu benar/tepat, mau-tidak mau mesti bertindak sebagai suatu *perpetuum mobile* dengan perolehan/penambahan daya secara terus-menerus, yang--namun--akan absurd adanya. Akhir-akhir ini, Helmholtz acapkali kembali menggunakan jenis argumen ini.

Para Cartesian dengan keras sekali memprotes dan berkembanglah suatu kontroversi terkenal yang berlangsung bertahun-tahun lamanya, yang di dalamnya Kant juga berpartisipasi dalam karyanya yang paling pertama (*Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*, 1746), namun tanpa memeriksa masalahnya secara mendalam. Para ahli matematika dewasa ini memicingkan mata dengan sikap-kecaman tertentu pada kontroversi "mandul" ini, yang

"berlarut-larut selama lebih dari empat-puluh tahun dan memecah para ahli matematika Eropa ke dalam dua kubu bermusuhan, hingga d'Alembert akhirnya, dengan karyanya *Traité de dynamique*, (1743), seakan-akan lewat sebuah amanat raja, mengakhiri *disput verbal yang sama sekali tidak berguna itu*". (Suter, *loc.cit.*, hal. 366).

Namun, tidaklah mungkin sebuah kontroversi sepenuhnya berdasarkan suatu disput verbal yang tidak berguna, jika itu ditimbulkan oleh seorang Leibniz terhadap seorang Descartes, dan telah menyibukkan seseorang seperti Kant sedemikian rupa hingga ia mengabdikan pada soal itu, karyanya yang pertama, yaitu sejilid buku yang cukup besar.

Dan sebenarnya, bagaimanakah mesti diartikan bahwa gerak itu mempunyai dua ukuran yang saling berkontradiksi, yaitu, bahwa pada suatu kejadian ia proporsional dengan kecepatan, dan pada lain kejadian dengan kuadrat kecepatan itu?

Suter membuatnya sangat mudah bagi dirinya sendiri; ia menyatakan

kedua-dua pihak itu benar dan kedua-duanya salah: "bagaimanapun juga, ungkapan 'vis viva' telah bertahan hingga sekarang; *hanya, ia tidak lagi berlaku sebagai ukuran daya*, tetapi adalah sekedar sebuah istilah yang pernah dipakai bagi produk dari massa dan separoh kuadrat kecepatan, sebuah produk yang sedemikian penuh makna dalam ilmu-mekanika." (hal.368)

Karena itu, mv telah merupakan ukuran gerak, dan $vis viva$ hanyalah suatu ungkapan lain untuk $mv^2/2$, dan mengenai perumusan itu kita

memang telah diajarkan bahwa ia bermakna besar bagi ilmu mekanika, namun kini sama-sekali tidak mengetahui dengan jelas arti-penting apa yang dimilikinya itu.

Namun, marilah kita ambil *Traité de dynamique* (1743, yang juruselamat itu dan lebih mencermati "amanat kerajaan" d'Alembert; ia dapat dijumpai dalam "Kata Pengantar".

Dalam naskah itu, demikian dikatakan, seluruh persoalan tidaklah terjadi dikarenakan *l'inutilité parfaite dont elle est pour la mécanique* (Ia sama-sekali tak berguna bagi mekanika). [hal. XVII]

Ini sepenuhnya benar bagi mekanika yang *semurninya matematikal*, di mana, seperti dalam kasus Suter di atas, kata-kata yang dipakai sebagai petanda-petanda hanyalah merupakan ungkapan-ungkapan lain, atau nama-nama bagi formula aljabar, nama-nama yang sehubungan dengannya sebaiknya tak perlu dipikirkan sama sekali.

Namun begitu, karena orang-orang yang begitu penting telah mempersoalkan hal itu, ia berhasrat menelitinya secara singkat dalam Kata Pengantar itu. Kejernihan pikiran menuntut bahwa dengan daya benda-benda bergerak haruslah hanya difahami sifat mereka dalam mengatasi atau melawan rintangan-rintangan. Karenanya, daya semestinya tidak diukur dengan mv ataupun dengan mv^2 , tetapi semata-mata dengan hambatan-hambatan dan perlawanan yang ditimbulkannya.

Nah, katanya, terdapat tiga jenis hambatan/rintangan: (1) hambatan-hambatan yang tidak dapat diatasi, yang sepenuhnya menghancurkan gerak itu, dan justru karena itu tidak dapat dimasukkan ke dalam perhitungan; (2) hambatan-hambatan yang perlawanannya cukup untuk menghentikan gerak itu dan melakukan itu secara seketika: yaitu kasus ekulibrium (keseimbangan); (3) hambatan-hambatan yang hanya secara berangsur-angsur menghentikan gerak itu: yaitu kasus gerak yang diperlambat. [hal. XVII-XVIII] "Semua orang akan sependapat bahwa dua benda berada dalam keseimbangan apabila produk-produk dari massa-massa dan kecepatan mereka yang sebetulnya, yaitu kecepatan-kecepatan yang dengannya mereka berkecenderungan untuk bergerak, adalah sama di sisi masing-masing. Karenanya, di dalam ekulibrium (keseimbangan) maka produk dari massa dan kecepatan, atau, yang artinya sama, kuantitas gerak, dapat mewakili daya itu. Setiap orang juga akan

sepakat, bahwa dalam gerak yang dilambatkan, jumlah hambatan-hambatan yang diatasi adalah sama dengan kuadrat kecepatan itu, sehingga, misalnya, sebuah benda yang mengempa (compress) sebuah per, dengan suatu kecepatan tertentu, dapat, dengan duakali lipat kecepatan, secara serempak mengempa atau secara berturut-turut bukan dua, melainkan empat buah per yang sama dengan yang pertama, atau sembilan buah dengan tiga-kali lipat kecepatan itu, dan begitu seterusnya. Dari situlah para partisan *vis viva*" (kaum Leibnizian) "menyimpulkan bahwa daya benda-benda yang nyata dalam gerak pada umumnya adalah proporsional dengan produk dari massa dan kuadrat kecepatan itu. Pada dasarnya, apakah kesulitannya dalam mengukur daya-daya yang berbeda dalam keseimbangan dan dalam gerak yang dilambatkan, karena, jika seseorang hanya bertujuan pandangan-pandangan yang jernih dalam penalaran, se-seorang mesti memahami dengan kata *daya* itu hanyalah efek yang dihasilkan dalam mengatasi atau melawan hambatan itu?" (Kata Pengantar, hal. XIX-XX, dari edisi aslinya.)

Namun, d'Alembert bukanlah sembarang filosof untuk tidak menyadari bahwa kontradiksi sebuah ukuran rangkap mengenai daya yang satu dan sama itu tidaklah mudah diatasi. Karenanya, setelah mengulangi yang pada dasarnya adalah hal yang sama sebagaimana sudah dikatakan oleh Leibniz--karena *équilibre*(keseimbangan)-nya adalah presis hal yang sama seperti "dorongan-dorongan mati" Leibniz--ia mendadak sontak beralih pada pihak kaum Cartesian dan mendapatkan jalan keluar berikut ini:

produk mv dari berguna sebagai sebuah ukuran daya, bahkan dalam kasus gerak yang diperlambat, "jika dalam hal terakhir ini, daya itu diukur, tidak dengan kebesaran (magnitude) mutlak dari hambatan-hambatan itu, tetapi dengan jumlah perlawanan-perlawanan dari hambatan-hambatan yang sama itu. Karena tidaklah dapat diragukan bahwa jumlah perlawanan ini akan proporsional dengan kuantitas gerak (mv), sebab, berdasarkan kesepakatan umum, kuantitas gerak yang terhilang oleh benda pada setiap saat adalah proporsional dengan produk dari perlawanan dan keberlangsungan saat (waktu) yang tak-terhingga kecilnya, dan jumlah produk-produk ini nyatanya merupakan jumlah perlawanan itu." Gaya/cara kalkulasi terakhir ini tampaknya yang lebih wajar baginya, "sebab suatu hambatan hanyalah sejauh ia melakukan perlawanan, dan, sebenarnya, ia adalah jumlah dari perlawanan-perlawanan yang menjadikan hambatan-hambatan yang diatasi itu; lagi pula, dalam

memperkirakan daya dengan cara ini orang mempunyai kelebihan karena adanya sebuah ukuran umum bagi ekuilibrium dan bagi gerak yang diperlambat itu. (hal.XX-XXI.)

Betapapun, orang dapat menilai/menggunakan ini menurut kesukaannya. Maka, yakin bahwa ia telah memecahkan per-soalan ini, dengan,--sebagaimana pengakuan Sutter sendiri,--suatu kesalahan (blunder) matematikal, disertai ungkapan-ungkapan miring mengenai kebingungan yang menguasai kalangan pendahulu-pendahulunya, ia menyimpulkan dan menegaskan bahwa sesudah pernyataan-pernyataan di atas itu, mungkin hanya terdapat suatu diskusi metafisikal yang sia-sia atau suatu disput yang semata-mata verbal dan lebih tak-berkualitas.

Saran D'Alembert untuk mencapai suatu perujukan mengandung perhitungan berikut ini:

Suatu massa 1, dengan kecepatan 1, mengempa (compress) 1 per (pegas) dalam unit waktu.

Suatu massa 1, dengan kecepatan 2, mengempa 4 per (pegas), tetapi memerlukan dua unit waktu; yaitu, hanya 2 per(pegas) per unit waktu.

Suatu massa 1, dengan kecepatan 3, mengempa 9 per (pegas) dalam tiga unit waktu, yaitu, hanya 3 per (pegas) per unit waktu.

Maka itu, bila kita membagi efek (hasil) dengan waktu yang diperlukan baginya, kita kembali sampai dari mv^2 pada mv .

Ini adalah argumen sama yang sudah digunakan oleh --khususnya-- Catelan terhadap Leibniz; memang benar bahwa sebuah benda dengan kecepatan 2 naik terhadap gravitas 4 kali-lipat lebih tinggi daripada sebuah dengan kecepatan 1, tetapi ia memerlukan dua-kali lipat waktu untuk itu; konsekuenya, jumlah gerak (die Bewegungsmenge) mesti dibagi dengan waktu, dan =2, bukan 4. Ganjilnya, ini juga pendapat Suter, yang memang melucuti ungkapan "*vis viva*" dari segala makna logikal dan menjadikan sebuah makna matematikal saja. Tetapi hal ini wajar. Bagi Suter itu suatu masalah penyelamatan perumusan mv dalam maknanya sebagai satu-satunya ukuran jumlah gerak; karenanya secara

logikal mv^2 dikorbankan untuk bangkit kembali ditransfigurasi dalam sorganya ilmu matematika.

Namun, sejauh inilah ketepatannya: argumen Catelan memberikan salah-sebuah dari jembatan-jembatan yang menghubungkan mv dengan mv^2 , dan dengan demikian memiliki arti-penting.

Para ahli mekanika sesudah d'Alembert sama sekali tidak menerima "amanat kerajaan"-nya itu, karena ketentuan finalnya ini memang lebih memihak/memilih mv sebagai ukuran gerak. Mereka menganut ungkapannya mengenai perbedaan yang sudah dibuat Leibniz antara daya-daya mati dan daya-daya hidup: mv berlaku bagi ekuilibrium, yaitu bagi statika; mv^2 berlaku bagi gerak terhadap perlawanan, yaitu, bagi dinamika. Sekalipun, pada keseluruhannya tepat, namun, perbedaan dalam bentuk ini secara logikal tidak mempunyai lebih banyak makna daripada keputusan terkenal dari N.C.O.: bertugas selalu "bagiku," bebas-tugas selalu "aku."⁵⁶ Secara diam-diam ia diterima, ia sekedar ada saja. Kita tidak dapat mengubahnya, dan jika suatu kontradiksi bersembunyi dalam ukuran-rangkap ini, apa yang dapat kita perbuat terhadapnya?

Demikianlah, misalnya, Thomson dan Tait mengatakan (*A Treatise on Natural Philosophy*, Oxford, 1867, hal.162):

"Kuantitas gerak, atau *momentum*, sebuah benda kaku yang bergerak tanpa rotasi adalah proporsional dengan massa dan kecepatannya secara bersama-sama. Demikianlah suatu massa rangkap, atau suatu kecepatan rangkap, akan bersesuaian dengan kuantitas gerak rangkap."

Dan segera di bawahnya mereka mengatakan:

"*Vis viva* atau *energi kinetik* sebuah benda yang bergerak adalah proporsional dengan massa dan kuadrat kecepatan secara bersama-sama."

Kedua ukuran gerak yang bertentangan itu telah disejajarkan dalam bentuk yang sangat mencolok ini. Tidak dilakukan sedikitpun usaha untuk menjelaskan pertentangan (kontradiksi) itu, atau bahkan untuk menyamakannya. Dalam buku kedua orang Skotlandia ini, berpikir dilarang, hanya perhitungan yang diizinkan. Tidak mengherankan

bahwa sekurang-kurangnya seorang dari mereka, Tait, dianggap sebagai salah-seorang Kristiani yang paling saleh dari Skotlandia yang saleh.

Dalam *Vorlesungen über mathematische Mechanik*, Korchhoff, tidak terdapat formula mv dan mv^2 itu *dalam bentuk ini*. Berangkali Helmholtz akan membantu kita. Dalam karyanya, *Erhaltung der Kraft*⁵⁷⁾ ia menyarankan pengungkapan *vis viva* dengan

$$\frac{mv^2}{2} = a \text{ titik}$$

Tentang ini kita kelak akan kembali. Kemudian di halaman 20 *et.seq.*, ia dengan singkat menyebutkan kasus-kasus di mana sejauh ini azas mengenai konservasi *vis viva* (yaitu dari $mv^2/2$) sudah digunakan dan diakui. Termasuk di situ di bawah No.2 adalah

"transferensi gerak-gerak oleh benda-benda beku dan cair yang tidak terkempa, sejauh tidak terjadi pergesekan (friksi) atau impakt materi-materi non-elastik. Untuk kasus-kasus ini azas umum kita lazimnya diungkapkan dalam ketentuan bahwa gerak yang disebarkan dan diubah oleh daya-daya mekanikal selalu berkurang dalam intensitas daya dalam proporsi sama dengan peningkatannya dalam kecepatan. Jika, karenanya, kita membayangkan sebuah bobot m diangkat dengan kecepatan c oleh sebuah mesin di mana suatu daya pelaksana kerja dihasilkan secara seragam oleh sesuatu proses, maka dengan suatu pengaturan mekanikal yang berbeda, bobot nm dapat diangkat, namun hanya dengan kecepatan c/n , sehingga dalam kedua kasus itu kuantitas daya tensil (renggang/rentang) yang dihasilkan oleh mesin dalam unit waktu diwakili oleh mgc , di mana g adalah intensitas dari daya gravitasional itu." [hal. 21]58)

Demikianlah, juga di sini kita menjumpai kontradiksi bahwa suatu intensitas daya yang berkurang dan bertambah dalam proporsi sederhana dengan kecepatan itu, mesti berlaku sebagai bukti bagi konservasi suatu intensitas daya yang berkurang dan bertambah dalam proporsi dengan kuadrat kecepatan itu.

Bagaimanapun, telah terbukti di sini, bahwa mv dan $mv^2/2$ berlaku untuk menentukan dua proses yang sangat berbeda, tetapi kita jelas

mengetahui bahwa lama berselang, bagi mv^2 tidak mungkin menyamai mv , kecuali jika $v=1$. Yang mesti dilakukan ialah membikin jelas mengapa gerak mesti mempunyai suatu ukuran rangkap, suatu hal yang jelas sama tidak-diperkenankan di dalam ilmu pengetahuan seperti dalam perdagangan. Maka, marilah kita mencobanya dengan cara lain.

Maka, dengan mv diukurilah "suatu gerak yang disebarkan dan diubah oleh daya-daya mekanikal"; karena itu ukuran ini berlaku bagi pengungkil dan semua bentuk derivatifnya, bagi roda-roda, sekrup, dsb., singkatnya, untuk semua permesinan bagi transferensi gerak. Tetapi, dari suatu pertimbangan sederhana namun sama sekali tidak baru, menjadilah jelas bahwa sejauh mv berlaku di sini, demikian pula keberlakuan mv^2 . Mari kita ambil sesuatu penemuan mekanikal di mana jumlah-jumlah lengan-lengan pengungkil di kedua sisinya saling berhubungan pada 4:1, di mana, karenanya, suatu bobot dari 1 kg. menahan suatu bobot 4 kg. dalam keseimbangan. Maka, dengan suatu penambahan daya yang sangat tidak berarti pada satu lengan pengungkil itu, kita dapat mengangkat 1 kg. hingga 20 meter; daya tambahan yang sama itu, bila dikenakan pada lengan lainnya dari pengungkil itu, mengangkat 4 kg. sejarak 5 meter, dan bobot yang lebih memberati turun dalam waktu yang sama yang diperlukan bagi bobot yang lain untuk naik. Massa dan kecepatan secara terbalik proporsional satu sama lain; mv , $1 \times 20 = m'v'$, 4×5 . Sebaliknya, jika kita biarkan masing-masing bobot itu, setelah terangkat, jatuh secara bebas pada jenjang aslinya, maka yang satu, 1 kg., setelah jatuh sejarak 20 meter (percepatan yang dikarenakan gravitas diberikan dalam angka-angka bulat = 10 meter gantinya 9,81 meter), mencapai suatu kecepatan 20 meter; yang satunya lagi, 4 kg., setelah jatuh sejarak 5 meter, mencapai suatu kecepatan 10 meter.⁵⁹⁾

$$mv^2 = 1 \times 20 \times 20 = 400 = m'v'^2 = 4 \times 10 \times 10 = 400.$$

Di lain pihak waktu-waktu jatuh (turun) itu berbeda-beda: yang 4 kg. menempuh 5 meter mereka dalam 1 detik, yang 1 kg. menempuh 20 meternya dalam 2 detik. Gesekan dan perlawanan udara sudah tentu tidak/belum diperhitungkan di sini.

Tetapi, setelah kedua benda itu masing-masing jatuh dari ketinggian, gerakanya berhenti. Maka itu, mv tampak di sini sebagai ukuran gerak mekanikal yang dialihkan secara sederhana, yaitu yang berarti kekal, dan mv^2 sebagai ukuran dari gerak mekanikal yang menghilang.

Selanjutnya, hal serupa berlaku bagi impakt benda-benda yang secara sempurna bersifat elastik: jumlah kedua-duanya, yaitu dari mv dan dari mv^2 tidak berubah sebelum dan sesudah impak. Kedua-dua ukuran memiliki kesahihan sama.

Tidak demikian halnya pada impakt benda-benda non-elastik. Juga di sini, buku-buku pelajaran elementer yang dipakai (ilmu mekanika lebih tinggi nyaris tidak berurusan/menghiraukan lagi hal-hal yang remeh seperti itu) mengajarkan bahwa pada sebelum dan sesudah impakt, jumlah mv itu tetap sama. Di lain pihak terjadilah kehilangan *vis viva*, karena jika jumlah mv^2 pada sesudah impakt dikurangkan dari jumlah mv^2 pada *sebelum* impak, maka dalam segala keadaan terdapatlah sisa/tinggalan positif. Dengan jumlah ini (atau separohnya, menurut sudut pandangan) *vis viva* itu berkurang disebabkan oleh saling-penyusupan maupun oleh perubahan bentuk benda-benda yang bertubrukan itu.--Yang tersebut belakangan itu kini jelas dan gamblang, namun tidak demikianlah anggapan/pernyataan bahwa jumlah mv tetap sama pada sebelum dan sesudah impak. Apapun yang dikatakan Suter, *vis viva* adalah gerak, dan apabila sebagian darinya hilang, gerak hilang pula. Sebagai konsekuensinya, mv itu di sini *atau* secara tidak tepat mengungkapkan/menyatakan/mengekspresikan jumlah gerak (die Bewegungsmenge), *atau* pernyataan di atas itu tidaklah benar adanya. Pada umumnya, seluruh teorem itu telah diwariskan dari suatu periode ketika masih belum ada persangkaan mengenai transformasi gerak; ketika, karenanya, menghilangnya gerak mekanikal hanya diakui jika tidak ada jalan keluar (jawaban/keterangan) lain. Demikianlah, di sini kesamaan jumlah mv pada sebelum dan sesudah impakt dianggap terbukti oleh kenyataan bahwa tidak terjadinya kehilangan atau perolehan pada jumlah ini, belum diintroduksikan. Namun, apabila benda-benda itu kehilangan *vis viva* dalam friksi (gesekan) internal sesuai ketidak-

elastikan mereka, mereka juga kehilangan kecepatan, dan jumlah mv sesudah impact mesti lebih kecil daripada sebelumnya. Karena tidaklah mungkin mengabaikan gesekan internal dalam memperhitungkan mv , apabila gesekan itu menyatakan dirinya secara begitu jelas dalam memperhitungkan mv^2 .

Tetapi ini tidaklah menjadi soal. Bahkan jika kita mengakui teoreme itu, dan memperhitungkan kecepatan sesudah impact, berdasarkan anggapan bahwa jumlah mv masih tetap sama, pengurangan jumlah mv^2 itu tetap diketemukan. Karenanya, di sini, mv dan mv^2 berkonflik, dan itu disebabkan oleh perbedaan gerak mekanikal yang telah benar-benar (aktual) menghilang. Lagi pula, kalkulasi itu sendiri menunjukkan bahwa jumlah mv^2 menyatakan jumlah gerak itu secara tepat, sedangkan jumlah mv menyatakannya secara tidak tepat.

Demikian itulah nyaris semua kasus di mana mv dipergunakan dalam ilmu mekanika. Mari kita sekarang melihat beberapa kasus di mana mv^2 dipergunakan.

Apabila sebuah peluru meriam ditembakkan, lintasannya menghabiskan sejumlah gerak yang proporsional dengan mv^2 , takpeduli apakah ia menghadapi sebuah sasaran beku atau terhenti dikarenakan perlawanan udara dan gravitasi. Jika sebuah (serangkaian) kereta api menghantam serangkaian kereta api lain yang sedang berhenti (stasioner), maka kerasnya benturan itu dan kerusakan yang ditimbulkannya adalah proporsional dengan mv^2 -nya. Demikian pula, mv^2 berguna setiap kali diperlukan untuk memperhitungkan daya mekanikal yang diperlukan untuk menanggulangi suatu perlawanan.

Tetapi, apakah maknanya kalimat yang memudahkan ini, yang begitu berlaku di dalam ilmu mekanika: menanggulangi perlawanan?

Apabila kita mengatasi perlawanan gravitasi dengan mengangkat sesuatu bobot, menghilanglah sejumlah gerak, sejumlah daya mekanikal, yang setara dengan yang dapat diproduksi kembali oleh jatuhnya secara langsung atau tidak langsung bobot yang diangkat itu dari ketinggian yang dicapai kepada jenjang (tingkat) aslinya.

Jumlah itu diukur dengan setengah produk massa dan kuadrat kecepatan final setelah jatuhnya itu,

$$\frac{mv^2}{2}$$

Lalu apakah yang terjadi dengan diangkatnya bobot itu? Gerak mekanikal, atau daya, telah menghilang. Tetapi ia tidaklah dihapuskan/dilenyapkan; ia telah diubah menjadi daya tegangan mekanikal, dengan menggunakan ungkapan Helmholtz; menjadi energi potensial, sebagaimana dikatakan oleh golongan modern; menjadi ergal sebagaimana Clausius menamakannya; dan ini, setiap saat, dengan cara mekanikal apa saja yang sepadan, dapat diubah kembali menjadi jumlah gerak mekanikal yang sama sesuai yang diperlukan untuk memproduksinya. Energi potensial hanyalah ungkapan negatif dari *vis viva*, dan vice versa.

Sebuah peluru meriam seberat 24 lb. yang bergerak (meluncur/melesat) dengan suatu kecepatan 400 meter per detik, menghantam badan-berlapis-baja yang satu meter tebalnya dari sebuah kapal-perang dan dalam kondisi-kondisi ini tampaknya tidak mempunyai akibat pada lapisan-baja itu. Sebagai konsekuensinya, sejumlah gerak mekanikal telah menghilang yang sama dengan:

$$mv^2$$

----, yaitu (karena 24 lbs.=12 Kg.)₆₀ = $12 \times 400 \times 400 \times 0,5 = 960.000$ kg-m

2

Apakah yang terjadi dengannya? Setakaran kecil telah dihabiskan dalam benturan dan perubahan molekular lapisan-baja itu. Setakaran kedua hilang pula dalam hantaman-menghancurkan peluru meriam itu menjadi pecahan-pecahan yang tiada terhitung banyaknya. Tetapi bagian terbesar telah diubah menjadi panas dan menaikkan suhu peluru meriam itu menjadi panas yang menganga-merah. Pada waktu orang-orang Prussia, dalam melakukan penyeberangan ke Alsen pada tahun 1864, mengerahkan/menggunakan meriam-meriam berat mereka terhadap pertahanan berlapis-baja *Rolf Krake*,⁶¹) sesudah setiap tembakan yang mengena, dalam kegelapan malam itu mereka melihat nyala yang dihasilkan dadakan-pijar tembakan. Bahkan sebelumnya, Whitworth telah membuktikan berdasarkan eksperimen, bahwa peluru-peluru ledak tidak

memerlukan detonator jika dipakai terhadap kapal-kapal perang berlapis baja; baja yang memijar itu sendiri yang menyalakan muatan itu. Dengan menetapkan ekuivalen (kesetaraan) mekanikal dari satuan panas itu 424 kg.- meter, maka jumlah panas sesuai jumlah gerak mekanikal tersebut di atas adalah 2,264 satuan (unit). Panas spesifik dari besi = 1/0.1140; artinya, jumlah panas yang menaikkan suhu 1 kg. air dengan 1°C.(yang berlaku sebagai satuan panas) cukup untuk mengangkat suhu dari 1/0.1140 = 8.772 kg. besi dengan 1°C. Karenanya, 2.264 satuan panas tersebut di atas mengangkat suhu 1 kg. besi dengan $8.772 \times 2,264 = 19.860^\circ$ atau 19.860 kg. besi dengan 1°C. Karena jumlah panas ini terbagi secara seragam di dalam lapisan-baja kdan tembakan itu, maka suhu yang tersebut belakangan telah dinaikkan suhunya dengan

$$\frac{19.860^\circ}{2 \times 12} = 828^\circ$$

berarti mencapai suatu tinggi/derajat panas yang menganga. Tetapi, karena ujung penghantam yang paling depan dari tembakan itu bagaimanapun menerima bagian yang jauh lebih besar dari panas itu, pasti dua-kali lipat daripada dari separoh bagian belakangnya, maka yang tersebut terdahulu akan dinaikkan hingga suatu suhu 1.104°C. dan yang tersebut belakangan hingga 552°C., yang akan cukup sekali untuk menjelaskan efek pijaran-menganga itu, walaupun kita membuat suatu deduksi besar bagi kerja mekanikal sebenarnya yang dihasilkan/diperagakan pada impak.

Gerak mekanikal juga menghilang dalam pergesekan (friksi), untuk muncul kembali sebagai panas; sudah sangat diketahui, dengan kemungkinan pengukuran yang paling cermat dari kedua proses yang saling bersesuaian, Joule di Manchester dan Colding di Kopenhagen adalah yang pertama membuat pengukuran yang kurang-lebih eksperimental atas kesetaraan panas mekanikal.

Hal yang sama berlaku dalam produksi suatu arus listrik dalam sebuah mesin magneto-elektrikal dengan jalan daya mekanikal, yaitu, dari sebuah mesin uap. Jumlah dari yang disebut daya elektromotif yang diproduksi dalam suatu jangka waktu tertentu adalah proporsional dengan jumlah gerak mekanikal yang dihabiskan

dalam periode yang sama, menjadi setara dengannya jika dinyatakan dalam satuan-satuan (units) yang sama. Kita dapat membayangkan gerak mekanikal ini diproduksi, bukan dengan sebuah mesin-uap, tetapi dengan suatu bobot yang tenggelam (jatuh/turun) di bawah tekanan gravitas. Daya mekanikal yang dapat disuplainya diukur dengan *vis viva* yang akan diperolehnya dengan jatuhnya secara bebas melalui jarak yang sama, atau dengan daya yang diperlukan untuk mengangkatnya kembali pada ketinggian aslinya; dalam kedua-dua kasus

$$\frac{mv^2}{2}$$

Maka kita dapatkan bahwa gerak mekanikal memang benar mempunyai suatu ukuran rangkap, tetapi juga bahwa masing-masing dari ukuran-ukuran itu berlaku pula bagi serangkaian gejala yang didemarkasi secara sangat tertentu. Apabila gerak mekanikal yang sudah ada ditransfer sedemikian rupa sehingga ia tetap sebagai gerak mekanikal, maka transferensi itu terjadi secara proporsional dengan produk massa dan kecepatan (velocity). Namun, apabila ia ditransfer sedemikian rupa sehingga ia menghilang sebagai gerak mekanikal agar muncul kembali dalam bentuk energi potensial, panas, listrik, dsb., singkatnya, apabila ia diubah menjadi suatu bentuk gerak yang lain, maka jumlah dari gerak bentuk baru ini adalah proporsional dengan produk dari massa yang aslinya bergerak dan kuadrat dari kecepatan. Singkatnya, *mv* adalah gerak mekanikal yang diukur dengan gerak mekanikal;

$$\frac{mv^2}{2}$$

adalah gerak mekanikal yang diukur dengan kapasitasnya untuk suatu jumlah tertentu dari bentuk gerak lain. Dan, sebagaimana telah kita lihat, kedua ukuran ini, karena berbeda, tidak berkontradiksi satu sama lain.

Dari sini menjadilah jelas, bahwa pertengkaran Leibniz dengan kaum Cartesian sama sekali bukanlah sekedar disput verbal, dan bahwa, sesungguhnya, "amanat kerajaan" d'Alembert sama sekali tidak menyelesaikan apapun. D'Alembert semestinya dapat

membebasakan dirinya dari semburan kata-kata marah mengenai ketidak-jelasan pendahulu-pendahulunya, karena dirinya sendiri sama tidak- jelasnya seperti mereka itu. Sebenarnya, selama tidak diketahui apa yang terjadi dengan gerak mekanikal yang tampaknya dilenyapkan itu, ketiadaan kejelasan tidak dapat dihindarkan. Dan selama para ahli mekanik matematikal seperti Suter terus terkurung oleh ke empat dinding ilmu-pengetahuan istimewa mereka, tidak bisa tidak mereka mesti tetap tidak-jelas seperti d'Alembert dan untuk menyesatkan kita dengan kalimat-kalimat kosong dan kontradiktorik.

Tetapi, bagaimanakah ilmu mekanika modern mengungkapkan perubahan gerak mekanikal ini menjadi suatu bentuk gerak lain, yang proporsional dalam kuantitas dengan yang tersebut terlebih dulu?--Ia telah *melaksanakan kerja*, dan memang sejumlah kerja tertentu.

Tetapi ini tidak menguras habis konsep tentang kerja dalam makna fisikal kata itu. Jika, seperti dalam sebuah mesin-uap atau mesin panas, panas diubah menjadi gerak mekanikal, yaitu, gerak molekular diubah menjadi gerak massa, jika panas membongkar suatu majemuk kimiawi, jika ia berubah menjadi listrik dalam sebuah termopil (thermopile), jika suatu arus listrik membebasakan unsur-unsur air dari asam-sulfurik yang dicairkan/ditipiskan, atau, secara terbalik, jika gerak (alias energi) yang dibebaskan dalam proses kimiawi dari sebuah sel pembangkit (generating) mengambil bentuk listrik dan ini dalam sirkuit tertutup diubah kembali menjadi panas--dalam semua proses ini, bentuk gerak yang memulai proses itu, dan yang diubah olehnya menjadi suatu bentuk lain, melaksanakan kerja, dan memang suatu jumlah kerja yang bersesuaian dengan kata-katanya sendiri.

Karenanya, kerja adalah perubahan bentuk gerak yang dipandang dalam aspek kuantitatifnya.

Tetapi bagaimana presisnya? Jika sebuah bobot yang terangkat tetap terkatung dan diam, adakah energi potensialnya selama periode diam juga suatu bentuk dari gerak? Jelas. Bahkan Tait telah sampai pada keyakinan bahwa energi potensial selanjutnya dipecahkan menjadi suatu bentuk gerak-aktual (*Nature*)⁶³. Dan,

kecuali itu, Kirchhoff menyatakan lebih jauh lagi dengan mengatakan (*Math. Mech.* hal.32)⁶³):

"Diam (rest) adalah suatu kasus khusus mengenai gerak,"

dan dengan demikian membuktikan bahwa ia tidak hanya bisa memperhitungan (calculate) melainkan juga dapat berpikir secara dialektikal.

Maka itu, dengan suatu pembahasan mengenai kedua ukuran gerak mekanikal, secara kebetulan, mudah, dan nyaris dengan sendirinya, kita telah sampai pada konsep mengenai kerja, yang digambarkan pada kita sebagai sesuatu yang begitu sulit untuk difahami tanpa mekanika matematikal. Betapapun, kita kini mengetahui lebih banyak mengenainya daripada dari ceramah Helmholtz *Über die Erhaltung der Kraft* (1862), yang justru dimaksudkan

"membuat sejelas mungkin konsep-konsep fisikal mendasar mengenai kerja dan kekekalannya."

Segala yang kita ketahui di situ mengenai kerja ialah bahwa ia adalah sesuatu yang diungkapkan dalam pon-kaki (foot-pounds) atau dalam satuan-satuan panas, dan bahwa jumlah pon-kaki atau satuan panas itu tidak bervariasi untuk suatu kuantitas kerja tertentu; dan, selanjutnya, bahwa di samping daya-daya mekanikal dan panas, daya-daya kimiawi dan elektrik dapat melaksanakan kerja, tetapi bahwa semua daya ini menghabiskan kapasitas mereka untuk kerja hingga sejauh mereka benar-benar menghasilkan kerja. Kita juga mengetahui dari sini, bahwa jumlah semua kuantitas kerja yang efektif di dalam alam sebagai suatu keseluruhan tetap kekal dan tetap sama selama seluruh perubahan yang terjadi dalam alam. Konsep mengenai kerja itu tidak dikembangkan, ataupun bahkan ditentukan.*⁶⁴ Dan adalah justru ketetapan (invariability) kuantitatif kebesaran kerja yang menghalanginya untuk menyadari bahwa perubahan kualitatif, perubahan bentuk, adalah syarat dasar bagi semua kerja fisikal. Dengan begitu Helmholtz sampai sejauh menyatakan bahwa

"gesekan (friksi) dan impak tidak elastik adalah proses- proses di mana *kerja mekanikal dihancurkan*, dan panaslah yang diproduksi sebagai gantinya." (*Pop.Votr.*, II, hal. 166)

Justru sebaliknya. Di sini kerja mekanikal tidak *dihancurkan*, di sini kerja mekanikal *dilaksanakan*. Adalah gerak mekanikal yang *kelihatannya* dihancurkan. Tetapi, gerak mekanikal *tidak* pernah dapat melaksanakan bahkan se-per-juta bagian dari se-kilogram-meter kerja, tanpa kelihatannya dihancurkan, tanpa berubah menjadi suatu bentuk gerak lain.

Tetapi, seperti telah kita ketahui, kapasitas untuk kerja yang dikandung dalam suatu jumlah gerak mekanikal tertentu adalah yang diketahui sebagai *vis viva*-nya, dan hingga tidak lama berselang diukur dengan mv^2 . Namun, di sini timbul suatu kontradiksi baru. Mari kita mendengarkan Helmholtz. (*Erhaltung der Kraft*, hal.9) Di situ kita membaca bahwa kebesaran (magnitude) kerja dapat dinyatakan dengan suatu bobot m yang diangkat hingga suatu ketinggian h , ketika, apabila daya gravitas ditentukan sebagai g , maka kebesaran kerja $=mgh$. Bagi benda *m* untuk naik secara bebas pada ketinggian vertikal h , diperlukan suatu kecepatan $v = \sqrt{2gh}$, dan ia mencapai kecepatan yang sama pada waktu jatuh.

Konsekuensinya, $mgh =$

$$\frac{mv^2}{2}$$

dan Helmholtz menyarankan

untuk menjadikan magnitude $mv^2/2$ sebagai kuantitas *vis viva*, dan dengan begitu ia menjadi identikal dengan ukuran kebesaran kerja. Dari sudut pandang mengenai bagaimana konsep *vis viva* telah diterapkan hingga sekarang... perubahan ini tidak penting, tetapi ia akan menawarkan keuntungan-keuntungan (kemudahan-kemudahan) mendasar di masa mendatang."

Sungguh sulit untuk dipercaya. Pada tahun 1847, Helmholtz begitu kabur mengenai saling hubungan *vis viva* dan kerja, sehingga ia bahkan gagal memperhatikan bagaimana ia mentransformasi ukuran *vis viva* yang sebelumnya proporsional menjadi ukuran

mutlaknya, dan tetap tidak menyadari penemuan penting yang dilakukannya dengan pendekatannya yang berani, merekomendasikan $mv^2/2$ -nya hanya dikarenakan kemudahannya jika dibandingkan dengan mv^2 ! Dan adalah karena masalah kemudahan itu para ahli mekanika secara umum memberlakukan $mv^2/2$. Hanya secara berangsur-angsur $mv^2/2$ juga dibuktikan secara matematikal Naumann (*Allg. Chemie*, hal.7) memberikan sebuah bukti aljabraik, Clausius (*Mech. Wämetheorie*, 2.Aufl., I, hal.18), sebuah bukti analitik, yang kemudian mesti dijumpai dengan suatu bentuk lain dan dengan suatu metode deduksi yang berbeda di dalam Kirchhoff (*loc.cit.*, hal. 27). Clerk Maxwell (*loc.cit.*,hal.88) memberikan sebuah deduksi aljabraik yang canggih pada mv^2 dari mv . Ini tidak menghalangi kedua orang Skotlandia kita, Thomson dan Tait, untuk menyatakan (*loc.cit.*, hal. 163):

"*Vis Viva* itu, atau energi kinetik, dari sebuah benda yang bergerak adalah proporsional dengan massa dan kuadrat kecepatan secara bersama-sama. Apabila kita ambil satuan-satuan massa dan kecepatan yang sama seperti sebelumnya (yaitu, satuan massa yang bergerak dengan satuan kecepatan), terdapatlah *keuntungan khusus* dalam menentukan energi kinetik sebagai *separuh* produk massa dan kuadrat kecepatannya."

Karenanya, di sini kita mendapati bahwa tidak hanya kemampuan untuk berpikir, melainkan juga untuk memperhitungkan, telah sampai pada suatu kemandegan bagi dua ahli mekanika yang paling terkemuka dari Skotlandia. Keuntungan khusus itu, kemudahan formula itu, telah menuntaskan segala sesuatu dengan cara yang paling indah.

Bagi kita, yang telah mengetahui bahwa *vis viva* tidak lain cuma kapasitas sejumlah gerak mekanikal tertentu--dalam istilah-istilah mekanikal--untuk melaksanakan kerja, jelaslah darinya, bahwa ungkapan mengenai kapasitas untuk kerja dan kerja yang benar-benar dilaksanakannya oleh yang tersebut belakangan mesti sama satu sama lainnya; dan bahwa, sebagai konsekuensinya, apabila $mv^2/2$ mengukur kerja itu, maka *vis viva* mesti juga diukur dengan $mv^2/2$. Tetapi, itulah yang terjadi dalam ilmu pengetahuan.

Ilmu mekanika teoretikal sampai pada konsep *vis viva*, mekanika praktikal para insinyur sampai pada konsep mengenai kerja dan memaksakan itu pada para ahli teori. Dan, tenggelam dalam perhitungan-perhitungan mereka, para ahli teori telah menjadi sedemikian terbiasa dalam berpikir bahwa selama bertahun-tahun mereka telah gagal mengenali hubungan antara kedua konsep itu, mengukur yang satu dengan mv^2 , dan yang lainnya dengan $mv^2/2$, dan akhirnya menerima $mv^2/2$ untuk kedua-duanya, tidak karena pemahaman, melainkan demi kesederhanaan kalkulasi!**)

Catatan:

*) Kita tidak mencapai apapun dengan berkonsultasi pada Clerk Maxwell. Ia mengatakan (*Theory of Heat*, Edisi ke IV, London, 1875, hal.87): "kerja dilaksanakan ketika perlawanan ditanggulangi," dan pada hal. 87, "Energi sebuah benda adalah kapasitasnya untuk melakukan kerja." Itulah semuanya yang kita ketahui tentangnya.

**) Kata "*work*" dan ide yang sesuai dengannya diderivasi dari para insinyur Inggris. Tetapi dalam bahasa Inggris, kerja praktikal disebut "*work*," sedangkan kerja dalam arti ekonomi disebut "*labour*." Karena itu, kerja fisikal juga diistilahkan "*work*," dan dengan begitu memustahilkan segala kekacauan dengan kerja dalam arti ekonomi. Tidak demikian halnya di Jerman; maka itu telah dimungkinkan dalam literatur semu-ilmiah membuat berbagai aplikasi kerja dalam arti fisikal pada kondisi-kondisi ekonomikal mengenai *labour* dan *vica versa*. Tetapi ada juga kata *Werk* yang, seperti kata Inggris *work*, secara bagus sekali diadaptasi untuk menandakan kerja fisikal. Ekonomi, namun, karena menjadi bidang yang terlampau jauh dari para ilmuwan alam kita, sehingga mereka nyaris tidak akan memperkenalkan itu untuk menggantikan kata *Arbeit*, yang sudah memperoleh keberlakuan umum -- kecuali, barangkali, jika hal itu sudah terlambat sekali. Hanya Clausius yang telah mencoba mempertahankan ungkapan "*Werk*", sekurang-kurangnya disamping ungkapan "*Arbeit*."

PERGESEKAN PASANG-SURUT. KANT DAN THOMSON -- TAIT

Thomson dan Tait, *Nat. Phil.*, I, hal.1921 (paragraf 276):

"Terdapat juga perlawanan-perlawanan tidak langsung, disebabkan oleh gesekan yang mengganggu gerak-gerak pasang-surut, atas semua benda yang, seperti bumi, ada bagian-bagian permukaan mereka yang bebas ditutupi cairan, yang, selama benda-benda ini secara relatif bergerak pada benda-benda yang bertetangga, mesti terus menyedot energi dari gerak-gerak relatif mereka. Maka, jika kita pertama-tama sekali membahas/mempertimbangkan tindak/aksi bulan saja, atas bumi dengan samudera-samudera, danau-danau, dan sungai-sungainya, kita memahami bahwa itu mesti bercenderung menyamakan periode-periode rotasi bumi pada porosnya, dan perputaran (revolusi) kedua benda itu pada pusat kelembaman (inertia) mereka; karena selama periode-periode ini berbeda, aksi pasang-surut dari permukaan bumi mesti terus mengurangi energi dari gerak-gerak mereka. Untuk melihat subjek ini secara lebih terperinci, dan, bersamaan dengan itu, menghindari komplikasi-komplikasi yang tidak perlu, mari kita mengandaikan bulan itu sebagai sebuah benda sferikal yang seragam. Saling aksi dan reaksi gravitasi antara massanya dan dari bumi akan setara pada satu daya tunggal di sesuatu garis yang melewati pusatnya; dan mesti sedemikian rupa hingga mengganggu rotasi bumi selama ini dilaksanakan dalam suatu periode yang lebih pendek daripada gerak bulan memutar bumi. Karena, ia mesti terletak pada sesuatu arah seperti garis MQ dalam diagram di bawah ini, yang mewakili, tidak bisa tidak dengan kelebihan-lebihan yang besar sekali, penyimpangannya, OQ , dari pusat bumi. Kini daya aktual di atas bulan di garis MQ dapat dipandang sebagai terdiri atas suatu daya di garis MO ke arah pusat bumi, layak setara dalam jumlah dengan seluruh daya, dan sebuah daya yang dalam perbandingan sangat kecil di garis MT yang perpendikular dengan MO . Yang tersebut belakangan ini nyaris sekali bersentuhan (tangential) dengan lintasan bulan, dan searah dengangeraknya. Suatu daya seperti itu, jika tiba-tiba mulai beraksi, akan, pertama-tama, meningkatkan kecepatan bulan; tetapi setelah suatu waktu tertentu ia akan sudah bergerak lebih jauh lagi dari bumi, berkat percepatan ini, telah kehilangan, dengan bergerak terhadap tarikan bumi, sama banyaknya kecepatan yang telah diperoleh dengan daya percepatan yang bersentuhan itu. Akibat suatu daya bersentuhan yang

berkelanjutan, yang beraksi dengan gerak itu, namun sedemikian kecil jumlahnya sehingga hanya membuat suatu penyimpangan kecil pada setiap saat dari bentuk sirkular orbit itu, secara berangsur-angsur meningkatkan jarak dari benda pusat, dan menyebabkan sebanyak jumlah kerjanya sendiri yang mesti dikerjakan terhadap tarikan massa pusat itu, dengan energi gerak kinetik yang hilang. Keadaan-keadaan itu akan mudah dimengerti dengan mempertimbangkan gerak memutar benda pusat itu dalam sebuah lintasan spiral secara sangat-berangsur-angsur, yang berkecenderungan ke arah luar. Dengan menentukan hukum daya adalah kuadrat terbalik dari jarak itu, maka komponen gravitas yang bersentuhan terhadap gerak itu akan dua kali lipat besarnya seperti gangguan daya bersentuhan yang searah dengan gerak; dan karenanya separoh jumlah kerja yang dilakukan terhadap yang tersebut duluan, dilaksanakan oleh yang tersebut belakangan, dan separoh lainnya oleh energi kinetik yang diambil dari gerak itu. Efek integral atas gerak bulan, dari sebab gangguan khusus yang kini dibahas, sangat mudah diketemukan dengan menggunakan azas momen-momen momenta. Dengan demikian kita melihat bahwa sebanyak momen momentum diperoleh pada setiap waktu oleh gerak-gerak pusat-pusat kelembaman, dari bulan dan bumi secara relatif dengan pusat kelembaman umum/bersama mereka, seperti yang dihilangkan oleh rotasi bumi di seputar porosnya. Jumlah momen-momen momentum pusat-pusat kelembaman bulan dan bumi yang bergerak pada saat ini, adalah kurang-lebih 4.45 kali momen momentum rotasi bumi saat ini. Penarah rata-rata dari yang tersebut duluan adalah ekliptik; dan karenanya poros-poros kedua momen itu condong satu pada yang lainnya pada sudut rata-rata $23^{\circ} 27.5'$, yang, karena kita mengabaikan pengaruh matahari atas penarah gerak bulan, dapat dianggap sebagai kecondongan aktual dari kedua poros itu pada saat ini. Hasilnya, atau seluruh momen momentum karenanya adalah 5.38 kali dari rotasi bumi saat ini, dan porosnya bercondong $19^{\circ} 13'$ pada poros bumi. Dari situlah kecenderungan akhir *pasangsurut-pasangsurut* itu ialah mereduksi bumi dan bulan pada satu rotasi seragam yang sederhana dengan momen resultan di seputar poros resultan ini, seakan-akan mereka merupakan dua bagian dari satu benda kaku: di mana kondisi jarak bulan akan meningkat (mendekati) dalam rasio 1 : 1.46, yaitu rasio dari kuadrat momen momentum saat ini dari pusat-pusat kelembaman dengan kuadrat seluruh momen momentum; dan periode revolusi (perputaran) dalam rasio 1 : 1.77, yang adalah dari kubus kuantitas-kuantitas yang sama. Jarak itu, karenanya, akan ditingkatkan menjadi 347.100 mil, dan periode diperpanjang menjadi 48.36 hari. Seandainya tidak ada benda lain dalam alam-jagat kecuali bumi dan bulan, maka kedua benda ini dapat bergerak terus seperti itu untuk selama-lamanya, dalam orbit-orbit sirkular

seputar pusat kelembaman mereka bersama, dan bumi berotasi seputar porosnya dalam periode yang sama, sehingga selalu kembali pada muka yang sama menghadap bulan, dan, karenanya, mampu-nyai semua cairan pada permukaannya dalam keadaan diam dalam hubungannya dengan yang beku. Namun keberadaan matahari akan mencegah sesuatu keadaan seperti itu menjadi permanen. Akan ada pasang-surut-pasang-surut solar--dua kali air pasang dan dua kali air surut--dalam periode revolusi bumi secara relatif dengan matahari (yaitu, dua kali dalam hari solar, atau, yang artinya sama, sebulan). Ini tidak berlangsung terus tanpa *kehilangan energi oleh gesekan cairan*. Tidak mudah menjejaki seluruh proses gangguan dalam gerak-gerak bumi dan bulan yang ditimbulkannya, tetapi efek akhirnya ialah membuat bumi, bulan dan matahari berotasi seputar pusat kelembaman mereka bersama, seperti bagian-bagian dari sebuah benda kaku."

Kant, pada tahun 1754, adalah yang pertama mengajukan pandangan bahwa rotasi bumi dihambat oleh gesekan pasang-surut dan bahwa efek ini hanya akan mencapai kesudahannya

"apabila permukaannya (permukaan bumi) relatif diam dalam hubungannya dengan bulan, yaitu, ketika ia akan berotasi pada porosnya dalam periode sama yang diperlukan bulan untuk memutar bumi, dan karenanya akan selalu membalikkan sisi yang sama menghadap pada yang tersebut belakangan.66)

Kant berpandangan bahwa penghambatan ini berasal dari gesekan pasang-surut saja, yang timbul, karenanya, dari kehadiran massa-massa cair di atas bumi:

Seandainya bumi itu suatu massa yang beku sekali, tanpa cairan apapun, maka tarikan matahari maupun tarikan bulan tidak akan melakukan apapun untuk mengubah rotasi-poros (axial)nya yang bebas; karena itu dengan daya setara menarik bagian timur maupun barat dari sfera bumi (terrestrial sphere) dan dengan begitu tidak menyebabkan kecondongan apapun pada sisi yang satu ataupun pada sisi lainnya; sebagai konsekuensinya ia memperkenankan kebebasan penuh bagi bumi untuk melanjutkan rotasi ini tanpa rintangan seakan tiada pengaruh eksternal padanya.67)

Kant boleh merasa puas dengan hasil ini., Semua persyaratan ilmiah tidak terdapat pada waktu itu untuk meneliti lebih dalam mengenai efek bulan atas rotasi bumi. Sebenarnya, telah diperlukan hampir

seratus tahun sebelum teori Kant memperoleh pengakuan umum, dan masih lebih lama lagi sebelum diketemukan bahwa pasang dan surutnya arus pasang hanyalah aspek *yang dapat dilihat* (kasat-mata) dari efek yang dibuahkan oleh tarikan matahari dan bulan atas rotasi bumi.

Konsepsi mengenai masalah ini yang lebih umum adalah justru yang telah dikembangkan oleh Thomson dan Tait. Tarikan bulan dan matahari tidak hanya mengenai cairan-cairan benda bumi pada umumnya dengan suatu gaya yang menghambat rotasi bumi. Selama periode rotasi bumi tidak berbarengan dengan periode revolusi bulan seputar bumi, selama itu (pula) tarikan bulan--terutama untuk menuntaskan hal ini dulu--berpengaruh dalam saling mendekatkan kedua periode itu satu sama lain. Jika periode rotasional benda pusat (relatif) itu lebih panjang daripada periode revolusi satelit itu, maka yang tersebut duluan akan secara berangsur-angsur dipersingkat. Jika ia lebih singkat, seperti dalam kasusnya bagi bumi, maka ia akan diperpanjang. Tetapi, baik dalam kasus yang satu tidak akan diciptakan energi kinetik dari ketiadaan, ataupun dilenyapkan dalam kasus lainnya. Pada kasus yang pertama, satelit itu akan lebih mendekat pada benda pusat dan mempersingkat periode revolusinya, dalam kasus kedua ia akan meningkatkan/menambah jarak darinya dan memperoleh suatu periode revolusi yang lebih panjang. Dalam kasus yang pertama, satelit itu dengan mendekati benda pusat kehilangan tepatnya sebanyak energi potensial seperti banyaknya energi kinetik yang diperoleh benda pusat dari rotasi yang dipercepat itu; dalam kasus kedua, satelit itu, dengan meningkatkan jaraknya, memperoleh tepat jumlah energi potensial yang sama seperti banyaknya energi kinetik dari rotasi yang hilang dari benda pusat. Jumlah total energi dinamik, potensial dan kinetik, yang terdapat dalam sistem bumi-bulan tetap sama; sistem itu sepenuhnya konservatif.

Tampaklah bahwa teori ini sepenuhnya bebas dari susunan fisiko-kimiawi benda-benda bersangkutan. Ia diderivasi dari hukum-hukum umum gerak benda-benda langit yang bebas, keterkaitan di antara mereka dihasilkan oleh tarikan yang proporsional dengan

massa-massa mereka dan dalam proporsi terbalik dengan kuadrat jarak-jarak di antara mereka. Teori itu jelas lahir sebagai suatu penjabaran teori Kant mengenai pergesekan pasang-surut, dan di sini bahkan disajikan oleh Thomson dan Tait sebagai penggantinya berdasarkan garis-garis matematikal. Tetapi sebenarnya,--dan sungguh mencolok betapa para pengarang itu sama sekali tidak syak akan hal ini--sebenarnya ia mengeksklusikan kasus khusus mengenai pergesekan pasang-surut (*tidal friction*).

Pergesekan adalah halangan bagi gerak massa-massa, dan selama berabad-abad ia dipandang sebagai penghancuran gerak seperti itu, dan karenanya sebagai penghancuran energi kinetik. Kini kita mengetahui bahwa pergesekan dan impakt adalah dua bentuk yang dengannya energi kinetik diubah menjadi energi molekular, menjadi panas. Maka, dalam semua pergesekan, energi kinetik itu sendiri hilang untuk muncul kembali, tidak sebagai energi potensial dalam arti ilmu dinamika, melainkan sebagai gerak molekular dalam bentuk panas tertentu. Karenanya, energi kinetik yang hilang dengan pergesekan, pertama-tama memang *benar-benar hilang* bagi aspek-aspek dinamik sistem bersangkutan. Ia hanya dapat menjadi efektif kembali secara dinamik jika ia *diubah kembali* dari bentuk panas menjadi energi kinetik.

Jadi, bagaimanakah masalah ini sebenarnya dalam kasus pergesekan pasang-surut? Jelaslah bahwa juga di sini seluruh energi kinetik yang dikomunikasikan pada massa-massa air di atas permukaan bumi oleh tarikan bulan, telah diubah menjadi panas, baik itu karena/dengan pergesekan partikel-partikel air di antara partikel-partikel itu sendiri berdasarkan viskositas (kekentalan=*viscosity*) air, ataupun dengan pergesekan di permukaan bumi yang kaku/kejur dan kominusi (peremukan) batu-batu karang yang melawan gerak pasang-surut. Dari panas ini diubah kembali menjadi energi kinetik hanyalah suatu bagian yang tak-terhingga kecilnya, yang menyumbang pada penguapan pada permukaan air. Tetapi, bahkan jumlah energi kinetik yang kecil tak-terhingga ini, yang dilepaskan oleh seluruh sistem bumi-bulan pada sebagian permukaan bumi, betapapun tinggal di atas permukaan bumi dan tunduk pada kondisi-

kondisi yang berlaku di situ, dan kondisi-kondisi ini membawa semua energi yang aktif di sana pada pencapaian nasib final yang satu dan yang sama: konversi final menjadi panas dan radiasi ke ruang angkasa.

Konsekuensinya, hingga batas bahwa pergesekan pasang-surut tidak dapat disangkal lagi mempunyai suatu efek gangguan pada rotas bumi, energi kinetik yang dipakai untuk tujuan ini secara mutlak hilang bagi sistem bumi-bulan yang dinamik Dengan kata-kata lain, dari energi kinetik yang dihabiskan dalam mengganggu rotasi bumi lewat tarikan bulan, hanyalah bagian yang bertindak atas *massa beku* benda/badan bumi yang sepenuhnya dapat muncul kembali sebagai energi potensial yang dinamik, dan karenanya dikompensasikan dengan suatu poeningkatan jarak bulan secara bersesuaian. Di lain pihak, bagian yang bertindak atas massa-massa cair bumi hanya dapat melakukan itu sejauh ia tidak membuat massa-massa ini sendiri bergerak dalam arah berlawanan dengan rotasi bumi, karena suatu gerak seperti itu *seluruhnyadiubah* menjadi panas dan akhirnya hilang bagi sistem itu lewat radiasi.

Yang berlaku bagi pergesekan pasang-surut pada permukaan bumi sama-sama sahnya bagi yang acapkali secara hipotetikal dianggap pergesekan pasang-surut dari apa yang diduga menjadi inti-cair bumi.

Bagian permasalahan itu yang khas adalah, bahwa Thomson dan Tait sebelumnya tidak memperhatikan bahwa untuk menegakkan teori pergesekan pasang-surut itu, mereka mengajukan suatu teori yang berkembang dari pengiraan diam-diam bahwa bumi merupakan sebuah benda yang *seluruhnya kaku/kejur*, dan dengan begitu memustahilkan setiap kemungkinan arus-pasang dan karenanya juga memustahilkan kemungkinan pergesekan pasang-surut.

PANAS

Seperti yang kita ketahui, terdapat dua bentuk di mana gerak mekanikal, *vis viva*, menghilang. Yang pertama adalah perubahannya menjadi energi potensial mekanikal, misalnya pada pengangkatan suatu bobot. Bentuk ini memiliki kekhasan bahwa ia tidak saja dapat di re-transformasi menjadi gerak mekanikal--gerak mekanikal ini, lagi pula, karena mempunyai *vis viva* yang sama seperti aslinya--namun juga bahwa ia hanya berkemampuan untuk perubahan bentuk ini. Energi potensial mekanikal tidak pernah berkemampuan memproduksi panas atau listrik, kecuali ia telah lebih dulu diubah menjadi gerak mekanikal sesungguhnya. Memakai istilah Clausius, ia adalah suatu "proses yang dapat dibalikkan."

Bentuk kedua di mana gerak mekanikal menghilang adalah dalam pergesekan dan impakt--yang hanya berbeda dalam derajat. Pergesekan dapat difahami sebagai serangkaian impak-impak kecil yang terjadi secara berturut-turut dan berdampingan, impakt sebagai pergesekan yang dipusatkan pada satu tempat dan dalam suatu momen waktu tunggal. Pergesekan adalah impakt yang kronik, impakt adalah pergesekan akut. Gerak mekanikal yang menghilang di sini, menghilang sebagai *gerak mekanikal itu sendiri*. Ia tidak dapat seketika dipulihkan darinya sendiri. Proses itu tidak dapat secara langsung dibalikkan. Gerak itu telah ditransformasi menjadi bentuk-bentuk gerak yang secara kualitatif berbeda, menjadi panas, listrik--menjadi bentuk-bentuk gerak molekular.

Maka itu, pergesekan dan impak membawa dari gerak massa-massa, yaitu persoalan ilmu mekanika, pada gerak molekular, persoalan ilmu fisika.

Menyebutkan⁶⁹⁾ ilmu fisika mekanika itu gerak molekular tidaklah mengabaikan bahwa ungkapan ini sama sekali tidak meliputi seluruh bidang ilmu fisika masa-kini. Sebaliknya. Getaran-getaran (vibrasi) ether, yang bertanggung-jawab atas gejala-gejala cahaya dan pancaran panas, jelas bukan gerak-gerak molekular dalam pengertian modern kata itu. Tetapi aksi-aksi terestrial-nya terutama

dan teristimewa menyangkut molekul-molekul: refraksi cahaya, polarisasi cahaya, dsb. ditentukan oleh susunan molekular benda-benda bersangkutan. Demikian pula para ilmuwan yang paling penting kini nyaris secara serta-merta memandang listrik sebagai suatu gerak dari partikel-partikel ether, dan Clausius bahkan berkata mengenai panas, bahwa

dalam "gerakan atom-atom yang dapat ditimbang" (lebih tepat disebut molekul-molekul) "...ether di dalam benda juga dapat berpartisipasi." (*Mechan. Wärmetheorie*, I, hal.22)

Tetapi dalam gejala-gejala listrik dan panas, sekali lagi adalah terutama gerak-gerak molekular yang mesti dipertimbangkan; tidak bisa lain, selama pengetahuan kita mengenai ether sedemikian sedikitnya. Namun, apabila kita telah sampai sejauh kemampuan untuk menyajikan mekanika ether, hal ikhwal ini, tentu saja, akan meliputi banyak sekali yang kini terpaksa dialokasikan pada ilmu fisika.

Proses-proses fisik di mana struktur molekul diubah, atau bahkan dihancurkan, akan dibahas belakangan. Proses-proses itu merupakan peralihan dari ilmu fisika pada ilmu kimia.

Hanya dengan gerak molekular perubahan bentuk gerak itu memperoleh kebebasan sepenuhnya. Sedang, pada perbatasan ilmu mekanika, gerak massa hanya dapat mengambil beberapa bentuk lain--panas atau listrik--di sini, suatu kapasitas yang cerah dan sangat berbeda bagi perubahan bentuk menampakkan dirinya. Panas beralih menjadi listrik di dalam termopile, ia menjadi identikal dengan cahaya pada suatu tahap radiasi tertentu, dan pada gilirannya mereproduksi gerak mekanikal. Listrik dan magnetisme, sepasang kembar seperti panas dan cahaya, tidak hanya ditransformasi yang satu menjadi yang lainnya, melainkan juga menjadi panas dan cahaya maupun gerak mekanikal. Dan ini terjadi dalam hubungan-hubungan ukuran tertentu yang sedemikian rupa sehingga sejumlah tertentu dari yang mana saja dari bentuk-bentuk ini dapat dinyatakan dalam yang manapun lainnya--dalam kilogram-meter, dalam satuan-satuan panas, dalam volt,⁷⁰) dan demikian pula setiap satuan ukuran dapat diterjemahkan menjadi yang manapun lainnya.

Penemuan praktikal mengenai konversi gerak mekanikal menjadi panas sudah begitu kuno sehingga ia dapat dianggap sebagai tanda awal sejarah manusia. Penemuan-penemuan apapun, berupa alat-alat dan penjinakan (domestikasi) hewan-hewan, mungkin telah mendahuluinya, pembuatan api lewat pergesekan adalah contoh pertama mengenai manusia menekan suatu daya alam yang mati menjadi pelayanan bagi diri mereka. Ketakhjulan rakyat-rakyat dewasa ini masih menunjukkan betapa kuat/besar makna kemajuan luar-biasa yang nyaris tidak dapat diukur ini terukir pada pikiran umat-manusia. Lama sesudah diperkenalkannya pemakaian tembaga dan besi, penemuan pisau batu, yaitu perkakas pertama, masih terus dirayakan, semua kurbanan religius dilaksanakan dengan pisau-pisau dari batu. Menurut legenda Jahudi, Joshua mendekritkan bahwa orang-orang yang lahir di hutan-belantara mesti disunat dengan pisau dari batu; orang-orang Celt dan Jerman hanya menggunakan pisau-pisau dari batu pada pengurbanan-pengurbanan manusia mereka. Tetapi semua ini telah lama, lama sekali dilupakan orang,. Berbedalah dengan pembuatan api dengan cara gesekan. Lama setelah metode-metode lain dalam produksi api telah menjadi dikenal, setiap api yang dikeramatkan di kalangan mayoritas rakyat-rakyat mesti diperoleh lewat gesekan. Tetapi, bahkan sekarang, di mayoritas negeri-negeri Eropa, ketakhuyulan rakyat-rakyat berkanjang, bahwa api dengan daya-daya gaib/mukjijat (misalnya, api-unggun Jerman untuk melawan epidemi-epidemi) hanya boleh dinyalakan dengan jalan gesekan. Demikianlah, hingga sampai zaman kita sekarang, menyukuri kenangan mengenai kemenangan pertama penuh kejayaan dari umat manusia atas alam, hidup terus--setengahnya secara tidak-sadar--dalam ketakhyulan rakyat-rakyat, dalam relik-relik rekoleksi-rekoleksi mitologikal orang-orang purba di kalangan rakyat-rakyat dunia yang paling terpelajar.

Namun, proses pembuatan api lewat gesekan masihlah berat-sebelah. Dengan itu gerak mekanikal diubah menjadi panas. Untuk melengkapi proses itu, ia mesti dibalikkan; panas mesti diubah menjadi gerak mekanikal. Setelah itu barulah ditegakkan keadilan bagi dialektika proses itu, daur proses yang telah dilengkapkan--bagi

tahap pertama, sekurang-kurangnya. Namun sejarah itu memiliki lajunya sendiri, dan betapapun dialektikal prosesnya itu pada analisis terakhir, dialektika seringkali mesti menunggu sejarah untuk waktu yang cukup lama. Beribu-ribu tahun mesti berlalu antara penemuan api lewat gesekan dan ketika Hero dari Alexandria (kira-kira 120 S.M.) membuat penemuan sebuah mesin yang digerakan secara rotari dengan uap yang dikeluarkan olehnya/darinya. Dan nyaris dua ribu tahun lagi telah berlalu sebelum mesin-uap pertama dibangun/dibuat, aparat pertama bagi konversi panas menjadi gerak mekanikal yang benar-benar dapat dipergunakan.

Mesin-uap adalah penemuan pertama yang benar-benar internasional, dan kenyataan ini, pada gilirannya, menjadi saksi suatu kemajuan historikal yang luar-biasa. Orang Perancis, Papin, menemukan mesin-uap pertama, dan ia membuat penemuan itu di Jerman. Adalah Leibniz, si orang Jerman, yang menebarkan di sekitar diri Papin, dan selalu, gagasan-gagasan cemerlang, tanpa sedikitpun mepedulikan apakah pahala untuk semua itu akan diberikan pada dirinya atau pada seseorang lain, yang, sebagaimana kita sekarang ketahui dari korespondensi Papin (diterbitkan oleh Gerland),⁷¹) memberikan kepadanya (Papin) ide pokok mengenai mesin itu: penggunaan sebuah silinder dan piston. Tidak lama kemudian, orang-orang Inggris, Savery dan Newcomen, membuat penemuan mesin-mesin seperti itu; akhirnya, orang sebangsa mereka, Watt, dengan memperkenalkan sebuah kondensator terpisah, menjadikan mesin-uap itu pada dasarnya mencapai tingkat zaman sekarang. Daur penemuan-penemuan di bidang ini telah lengkap; konversi panas menjadi gerak mekanikal telah tercapai. Yang datang kemudian adalah perbaikan-perbaikan/ penyempurnaan-penyempurnaan dalam perinciannya.

Maka, prakteklah yang dengan caranya sendiri memecahkan masalah mengenai hubungan-hubungan antara gerak mekanikal dan panas. Ia telah, pertama-tama, mengubah yang tersebut pertama menjadi yang tersebut kedua, dan kemudian mengubah yang kedua menjadi yang pertama. Tetapi, bagaimanakah persoalan semua itu dalam hubungannya dengan teori?

Keadaannya sungguh mengenaskan. Walaupun baru pada abad-abad ke XVII dan XVIII muncul tak-terhitung banyaknya laporan-laporan perantauan, yang penuh dengan uraian-uraian mengenai rakyat-rakyat biadab yang tidak mengetahui cara membuat api kecuali lewat gesekan, namun para ahli fisika nyaris tidak tertarik perhatiannya tentang semua itu; mereka sama tidak-acuhnya mengenai mesin-uap selama seluruh abad ke XVIII dan dasawarsa-dasawarsa awal abad ke XIX. Untuk sebagian besar mereka itu sudah puas dengan sekedar mencatat/merekam fakta.

Akhirnya, pada tahun-tahun 20-an (abad ke XIX), Sadi Carnot menangani masalah itu, dan melakukan itu sedemikian piawai dan ahli sehingga perhitungan-perhitungannya yang terbaik, yang kemudian disajikan Clapeyron dalam bentuk geometrikal, mempertahankan kesahihannya hingga zaman sekarang dalam karya-karya Clausius dan Clerk Maxwell. Sadi Carnot nyaris sampai ke dasar persoalan itu. Bukan kekurangan data faktual yang menghalanginya untuk secara tuntas memecahkan masalah itu, melainkan semata-mata karena suatu *teori palsu* yang diprasangkakannya. Lagi pula, teori palsu ini bukan sebuah yang dipaksakan pada para ahli fisika oleh sesuatu varitas filsafat jahat, melainkan sebuah yang diramu oleh para ahli fisika itu sendiri, lewat gaya pikiran mereka sendiri yang naturalistik, yang dikatakannya sangat mengungguli metode filsafat-metafisikal.

Pada abad ke XVII, panas dianggap--setidak-tidaknya di Inggris--sebagai suatu sifat benda-benda,

sebagai *suatu gerak* jenis khusus, yang sifatnya tidak pernah dijelaskan secara memuaskan".

Begitulah Th. Thomson menyebutkannya, dua tahun sebelum penemuan teori mekanikal mengenai panas. (*Outline of the Sciences of Heat and Electricity*, Ed. ke 2, London, 1840, hal.281) Tetapi, pada abad ke XVIII makin mengedepan dan makin menguat pandangan bahwa panas, seperti juga cahaya, listrik, dan magnetisme, adalah suatu substansi istimewa, dan bahwa semua substansi khas ini berbeda dari materi biasa karena tidak memiliki berat, karena tidak dapat ditimbang.

LISTRIK

Listrik, seperti panas, hanya secara berbeda mempunyai juga suatu sifat kehadiran-di-mana-mana tertentu. Nyaris tiada perubahan yang dapat terjadi di atas bumi tanpa dibarengi oleh gejala elektrikal. Apabila air menguap, apabila api menyala, apabila dua jenis logam, atau dua logam yang bersuhu berbeda, bersentuhan, atau apabila besi bersentuhan dengan suatu larutan sulfat tembaga, dan begitu selanjutnya, maka proses-proses elektrikal serentak terjadi dengan gejala-gejala fisikal dan kimiawi yang lebih tampak. Semakin cermat kita menuyelidiki proses-proses alamiah yang paling beragam sifatnya, semakin pula kita menemukan bukti mengenai listrik. Sekalipun dengan serba-di-mana-mana-kehadirannya, sekalipun kenyataan bahwa selama setengah abad listrik telah semakin ditekankan ke dalam pelayanan industrial bagi manusia, ia tetap saja merupakan bentuk gerak yang sifatnya masih terselubung dalam kekaburan yang sangat. Penemuan arus galvanik sudah hampir 25 tahun lebih muda daripada penemuan oksigen dan sedikit-dikitnya sama pentingnya bagi teori kelistrikan sebagaimana penemuan yang tersebut belakangan itu (oksigen) bagi ilmu kimia. Namun begitu, dewasa ini betapa bedanya yang terdapat di antara kedua bidang itu! Di dalam ilmu kimia, terutama berkat penemuan Dalton mengenai berat-berat atomik, terdapat suatu keteraturan, terdapat kepastian relatif mengenai yang telah dicapai, dan serangan sistematis,--nyaris direncanakan--, atas wilayah yang masih belum ditaklukkan, yang dapat dibandingkan dengan pengepungan sebuah benteng secara teratur. Dalam teori mengenai kelistrikan terdapat suatu kelambanan gersang eksperimen-eksperimen kuno, yang meragukan, yang tidak dikuatkan secara pasti dan tidak ditolak secara tuntas pula; suatu ketidak-pastian yang meraba-raba dalam kegelapan; riset dan eksperimen yang tidak terkordinasi dari pihak sejumlah banyak individu-individu tersendiri-sendiri, yang menyerang wilayah tidak dikenal itu dengan kekuatan-kekuatan mereka yang terpencah-pencar bagaikan serangan sekerumunan penunggang-kuda nomadik, Memang, mesti diakui, bahwa di bidang kelistrikan sebuah penemuan seperti penemuan Dalton, yang

memberikan kepada seluruh ilmu-pengetahuan suatu titik pusat dan suatu landasan kokoh bagi riset, masih harus ditemukan. Sungguh esensial keadaan kekacauan/kebingungan mengenai teori kelistrikan ini, yang untuk sementara waktu tidak-memungkinkan penegakan sebuah teori yang lengkap, yang bertanggung-jawab atas kenyataan, bahwa suatu empirisisme yang berat-sebelah berkuasa di bidang ini, suatu empirisisme yang sejauh-jauh mungkin melarang dirinya sendiri berpikir, dan yang justru karena sebab itu tidak hanya berpikir secara tidak tepat, melainkan juga tidak berkemampuan untuk secara setia mengejar fakta, atau bahkan untuk melaporkannya secara setia, dan yang, karenanya menjadi ditransformasikan menjadi lawan empirisisme sejati.

Apabila pada umumnya para ilmuwan alam itu, yang tidak dapat mengatakan sesuatu keburukan apapun tentang spekulasi-spekulasi a priori yang gila dari filsafat alam Jerman mengenai alam mesti direkomendasikan untuk membaca karya-karya teoretik-fisikal aliran empirikal, tidak hanya dari periode semasa melainkan bahkan dari periode yang lama kemudian, hal ini sangat berlaku khususnya bagi teori mengenai kelistrikan. Mari kita ambil sebuah karya dari tahun 1840: *An Outline of the Sciences of Heat and Electricity*, oleh Thomas Thomson.⁷³) Thomson tua memang seorang berwenang di masanya; lagi pula, di hadapannya sudah ada baginya sebagian sangat besar dari karya ahli listrik terbesar selama ini--Faraday. Namun begitu, bukunya sedikitnya mengandung hal-hal yang justru segala bagian yang bersesuaian dari filsafat alam Hegelian yang jauh lebih tua. Uraian mengenai percikan (bunga-api) elektrik, misalnya, mungkin merupakan terjemahan langsung dari pasase yang menyangkut hal itu dalam buku Hegel. Kedua-duanya menyebutkan semua keajaiban yang orang coba temukan pada percikan elektrik itu, pada sebelum pengetahuan mengenai sifatnya yang sebenarnya dan keaneka-ragamannya, dan yang kini terbukti--terutama--merupakan kasus-kasus atau kesalahan-kesalahan istimewa. Lebih dari itu, Thomson dengan serius sekali mengisahkan kembali pada hal. 446, cerita-cerita isapan-jempol, seperti, bahwa dengan sebuah barometer yang naik dan thermometer yang turun, kaca, resin, sutera, dsb., menjadi terelektifikasi secara negatif ketika dicelupkan ke dalam merkuri, tetapi secara positif kalau gantinya

itu, barometer itu turun dan suhunya naik; bahwa di musim panas, emas dan sejumlah logam lainnya menjadi positif jika dipanaskan dan negatif jika didinginkan, tetapi di musim dingin terbalik adanya; bahwa dengan sebuah barometer tinggi dan angin utara mereka menjadi sangat elektrik, positif jika suhunya naik dan negatif jika turun, dsb. Demikian itulah dalam penggarapan fakta. Sedang mengenai spekulasi a priori, Thomson menyulangi kita dengan teori berikut ini mengenai percikan elektrik, yang ditimba dari tidak kurang daripada Faraday sendiri:

"Percikan itu adalah pelepasan (discharge) atau penurunan keadaan induktif yang terpolarisasi dari banyak partikel de-elektrik, oleh suatu aksi khusus dari beberapa partikel yang menduduki suatu ruang yang sangat kecil dan terbatas. Faraday menangkap bahwa beberapa partikel di mana pelepasan itu terjadi tidak sekadar didorong menjadi terpisah, melainkan mengambil suatu keadaan khas, suatu kondisi yang sangat dimuliakan bagi waktu itu; artinya, telah melemparkan ke atas mereka semua daya-daya sekelilingnya secara beruntun, dan meningkat pada intensitas kondisi yang proporsional, yang mungkin menyamai perpaduan atom-atom secara kimiawi; melepaskan daya-daya itu, mungkin dengan cara yang sama sebagaimana mereka melakukan mereka-punya, dengan sesuatu operasi yang dewasa ini belum kita ketahui; dan demikian akhir dari keseluruhannya. Efek akhirnya adalah tepat sebagaimana (jika) suatu partikel metalik telah diletakkan ke dalam tempat partikel-partikel pelepas (-muatan), dan tampaknya tidaklah mustahil bahwa azas-azas aksi, dalam kedua kasus itu, akan terbukti sama adanya.⁷⁴ "Aku telah," demikian ditambahkan oleh Thomson, "memberikan penjelasan Faraday ini dalam kata-katanya sendiri, karena aku tidak jelas memahaminya."

Ini pasti telah menjadi pengalaman orang-orang lain juga, sangat menyamai ketika mereka membaca dalam (buku) Hegel, bahwa dalam percikan elektrik itu "*materialitas khusus benda yang bermuatan itu masih belum memasuki proses itu, tetapi ditentukan di dalamnya hanya secara elementer dan spiritual,*" dan bahwa listrik adalah "kemarahan, sifat-berbuih, yang menjadi pembawaan benda itu," kemarahan-sendiri-nya yang diperagakan oleh setiap benda manakalah dirangsang/digairahkan. (*Naturphilosophie*, p ar.324, addendum.) Betapapun, pikiran dasar dari Hegel maupun Faraday adalah sama. Kedua-duanya menentang gagasan bahwa listrik bukan suatu keadaan materi tetapi suatu materi istimewa, suatu varitas yang jelas berbeda. Dan karena dalam percikan itu,

listrik tampak diperagakan sebagai berdiri-sendiri, bebas, terpisah dari setiap substratum material asing, namun dapat ditangkap oleh indera, mereka sampai pada keharusan, dalam keadaan/tingkat ilmu-pengetahuan waktu itu, mesti memahami percikan itu sebagai bentuk fenomenal sementara dari suatu daya yang sementara dibebaskan dari segala materi. Bagi kita, sudah tentu, teka-teki itu sudah dipecahkan, karena kita mengetahui bahwa pada pelepasan percikan antara elektrode-elektrode logam partikel-partikel metalik yang sungguh-sungguh lompat-menyeberang, dan karenanya materialitas istimewa dari benda bermuatan itu dalam kenyataan aktual masuk ke dalam proses itu.

Sebagaimana sudah sangat diketahui, listrik dan magnetisme, seperti panas dan cahaya, mula-mula dianggap sebagai substansi- substansi khusus yang tidak dapat ditimbang. Sejauh yang menyangkut listrik, telah diketahui mengenai segera berkembangnya pandangan bahwa terdapat dua substansi yang saling bertentangan/berlawanan, dua cairan, yang satu positif dan yang satu negatif, yang dalam keadaan normal saling menetralisasi satu sama lain, sampai mereka itu dipaksa berpisah oleh yang dinamakan daya pemisah elektrikal. Lalu menjadi mungkin untuk mengisi/memuati (charge) dua benda, yang satu dengan listrik positif, yang lainnya dengan listrik negatif, dalam menyatukan kedua itu dengan satu benda konduktor ketiga maka terjadilah ekualisasi, baik itu terjadi secara dadakan atau lewat suatu arus bersinambungan, menurut keadaan-keadaan. Ekualisasi tiba-tiba/dadakan tampak sangat sederhana dan lengkap, tetapi arus itu menimbulkan kesulitan-kesulitan. Hipotesis yang paling sederhana, bahwa arus itu dalam setiap kasus merupakan suatu gerakan dari listrik yang semurninya positif ataupun semurninya negatif, ditentang oleh Fechner, dan secara lebih terinci oleh Weber, dengan pandangan bahwa dalam setiap arus tertutup, dua arus listrik positif dan negatif yang setara mengalir dalam arah-arrah yang berlawanan dalam saluran-saluran yang terletak berdampingan di antara molekul-molekul benda-benda yang dapat ditimbang. Penyusunan teori ini secara matematikal terinci oleh Weber mencapai hasil bahwa suatu fungsi,--yang tidak penting bagi kita di sini--, digan dakan oleh suatu besaran $1/r$, di mana $1/r$ menandakan *rasio ... unit listrik dengan miligram.*

(Wiedemann, *Lehre vom Galvanismus*, etc., 2. Aufl., III, hal.569.) Rasio pada suatu ukuran berat sudah dengan sendiri hanya suatu rasio berat. Karenanya, empirisisme yang berat-sebelah sudah--hingga sejauh itu--melupakan praktek pikiran dalam memperhitungkan bahwa di sini ia bahkan membuat listrik yang tidak dapat ditimbang menjadi dapat ditimbang dan memperkenalkan beratnya ke dalam perhitungan-perhitungan matematikal.

Formula yang ditarik dari Weber hanya mencukupi di dalam batas-batas tertentu, dan Helmholtz, terutama, beberapa waktu berselang memperhitungkan dari semua itu, hasil-hasil yang bertubrukan dengan azas konservasi energi. Berlawanan dengan hipotesis Weber mengenai arus rangkap yang mengalir dalam arah-arang yang berlawanan, C. Neumann pada tahun 1871 mengajukan hipotesis yang lain, bahwa di dalam arus itu hanya satu dari kedua listrik itu, misalnya yang positif, bergerak, sedangkan yang lainnya, yang negatif, secara ketat tetap terikat dengan massa benda itu. Mengenai ini Wiedemann menyertakan pernyataan:

"Hipotesis ini dapat dikaitkan dengan hipotesis Weber, apabila pada yang oleh Weber dinyatakan arus rangkap dari massa-massa listrik $\pm 1/2e$, yang mengalir pada arah-arang berlawanan ditambahkan suatu *arus listrik netral* yang kekal- non-aktif, yang membawa serta jumlah-jumlah listrik $\pm 1/2e$ pada arah arus positif."(III, hal. 577)

Proposisi ini sekali lagi adalah karakteristik dari empirisisme yang berat-sebelah. Untuk melahirkan arus listrik, betapa pun, ia didekomposisikan menjadi positif dan negatif. Namun, semua usaha untuk menjelaskan arus dengan kedua substansi ini, menghadapi kesulitan-kesulitan: baik asumsi bahwa hanya satu dari keduanya itu hadir dalam setiap kasus di dalam arus itu, maupun bahwa keduanya mengalir dalam arah-arang berlawanan secara serempak, dan akhir, asumsi ketiga juga, bahwa yang satu mengalir dan yang lainnya berada dalam keadaan tidak bergerak (diam). Jika asumsi ketiga ini kita terima, bagaimana mesti kita menjelaskan ide yang tidak dapat diterangkan bahwa listrik negatif, yang cukup mobil di dalam mesin elektro-statik dan buli-buli Leyden (Leydon jar), di dalam arusd itu secara kokoh bersatu dengan massa benda itu?

Sederhana sekali. Di samping arus positif $+e$, yang mengalir melalui kawat ke arah kanan, dan arus negatif, $-e$, yang mengalir ke arah kiri, kita masih membuat arus lain, kali ini listrik netral, $\pm 1/2e$, yang mengalir ke arah kanan. Pertama-tama kita menganggap bahwa kedua listrik itu, agar benar-benar dapat mengalir, mesti dipisahkan yang satu dari yang lainnya; dan kemudian, untuk menjelaskan gejala-gejala yang terjadi pada mengalirnya listrik-listrik yang terpisah itu, kita menganggap bahwa mereka juga dapat mengalir secara tidak-terpisah. Mula-mula kita mengajukan perkiraan untuk menjelaskan sesuatu gejala tertentu, dan pada kesulitan pertama yang dihadapi, kita membuat perkiraan kedua yang secara langsung menegasi (mengkakari) perkiraan pertama itu. Jenis filsafat apakah yang tuan-tuan ini berhak keluhkan?

Namun, bersamaan pandangan mengenai sifat material listrik ini, tak lama kemudian muncul pandangan kedua, yang menurutnya ia mesti dipandang sebagai sekedar keadaan benda itu, suatu "daya" atau, sebagaimana akan kita katakan sekarang,, suatu bentuk gerak yang khusus/istimewa. Kita telah mengetahui di muka, bahwa Hegel, dan kemudian Faraday, menganut pandangan ini. Setelah penemuan kesetaraan mekanikal dari panas pada akhirnya menyingkirkan ide mengenai suatu "zat panas" istimewa, dan panas ternyata adalah suatu gerak molekular, langkah berikutnya ialah memperlakukan listrik juga menurut metode baru itu dan mencoba menentukan kesetaraan mekanikalnya. Usaha ini sepenuhnya berhasil. Teristimewa berkat eksperimen-eksperimen Joule, Favre, dan Raoult, tidak hanya kesetaraan mekanikal dan thermal dari yang disebut "daya elektro-motive" dari arus galvanik itu telah dibuktikan, tetapi juga kesetaraan lengkapnya dengan energi yang dibebaskan oleh proses-proses kimiawi dalam sel penimbul atau yang terpakai di dalam sel elektrolitik. Ini menjadikan peranggapan bahwa listrik adalah suatu cairan material yang istimewa semakin tidak dapat dipertahankan.

Namun, analogi antara panas dan listrik tidaklah sempurna. Arus galvanik dalam hal-hal yang sangat mendasar masih berbeda dari konduksi panas. Masih belum bisa dikatakan *apakah* yang bergerak di dalam benda-benda yang terkena secara elektrik itu. Perkiraan

akan suatu vibrasi molekular saja seperti dalam hal panas tampaknya tidak mencukupi. Mengingat kecepatan gerak listrik yang luar biasa besarnya, yang bahkan melampaui kecepatan cahaya, masih sulit mengatasi pandangan bahwa di sini terdapat sesuatu substansi material di dalam gerak antara molekul-molekul benda itu. Di sini teori-teori yang paling baru yang diajukan oleh Clerk Maxwell (1864), Hankel (1865), Reynard (1870), dan Edlund (1872) sepenuhnya bersesuaian dengan perkiraan, yang sudah diajukan untuk pertama kalinya pada tahun 1846 sebagai suatu sugesti oleh Faraday, bahwa listrik adalah suatu gerak dari suatu medium elastik yang menggenangi seluruh ruang dan karenanya semua benda pula, yang partikel-partikelnya berciri sendiri-sendiri saling menolak satu sama lain menurut hukum kuadrat jarak secara terbalik. Dalam kata-kata lain, ia adalah suatu gerak dari partikel-partikel ether, dan molekul-molekul benda itu mengambil bagian dalam gerak ini. Sedangkan mengenai cara gerak ini, berbagai teori bersimpang-siuran; dari Maxwell, Hankel dan Reynard, dengan mendasarkan pada penyelidikan-penyelidikan modern mengenai gerak vorteks (pusaran), juga menjelaskannya dengan berbagai cara dari pusaran-pusaran, sehingga pusaaran dari Descartes tua juga kembali menjadi disukai dalam sejumlah bidang-bidang baru yang terus bertambah. Kita tidak akan memasuki lebih jauh ke dalam rincian-rincian teori-teori ini. Kesemua teori itu sangat berbeda satu sama lain dan mereka pasti masih akan mengalami banyak transformasi. Tetapi suatu kemajuan menentukan agaknya terletak dalam konsepsi dasar mereka bersama: bahwa listrik adalah suatu gerak partikel-partikel dari ether pemancar cahaya yang menyusupi semua materi yang dapat ditimbang, gerak ini bereaksi atas molekul-molekul benda itu. Konsepsi ini mendamaikan kedua konsepsi sebelumnya. Menurutnya, dalam gejala-gejala elektrik memang benar ada sesuatu yang substansial yang bergerak, sesuatu yang berbeda dari materi yang dapat ditimbang. Tetapi substansi ini bukanlah listrik itu sendiri, yang sebenarnya lebih terbukti sebagai suatu bentuk gerak, sekalipun bukan suatu bentuk gerak seketika, yang langsung dari materi yang dapat ditimbang. Sedangkan, di lain pihak, teori ether menunjukkan suatu jalan untuk mengatasi ide primitif yang canggung mengenai dua cairan elektrik yang saling

berlawanan, di lain pihak ia memberikan suatu harapan untuk menjelaskan *apakah* sebenarnya substratum material dari gerak elektrikal itu, jenis benda *apakah* yang geraknya menghasilkan gejala-gejala elektrikal.

Teori ether sudah mencapai *satu* keberhasilan menentukan. Sebagaimana sudah sangat diketahui, sekurang-kurangnya ada satu titik di mana listrik secara langsung mengubah gerak cahaya: ia memutar penarah polarisasi dari yang tersebut ke lakangan. Berdasarkan teorinya yang tersebut di atas, Clerk Maxwell memperhitungkan bahwa kapasitas elektrik khusus induktif sebuah benda adalah setara dengan kuadrat indeks refraksinya. Boltzmann telah menyelidiki konstan-konstan de-elektrik berbagai non-konduktor dan ia mendapatkan bahwa dalam sulfur, rosin, dan parafin, akat-akar kuadrat konstan-konstan ini adalah berturut-turut setara dengan indeks-indeks refraksinya. Penyimpangan tertinggi--dalam sulfur--hanya mencapai 4%. Konsekuensinya, teori ether Maxwellian dalam hal khusus ini telah diperkuat secara eksperimental.

Namun, akan diperlukan suatu masa yang panjang dan menuntut banyak pekerjaan sebelum rangkaian baru eksperimen-eksperimen menarik inti yang kuat dari hipotesis-hipotesis yang saling bertentangan-tentangan ini. Hingga saat itu, atau hingga teori ether itu juga, barangkali digantikan dengan suatu teori yang baru sama sekali, maka teori mengenai listrik mendapatkan dirinya dalam kedudukan yang ganjil karena mesti menggunakan suatu gaya ungkapan yang ia sendiri mengakui sebagai palsu adanya. Seluruh terminologinya masih di dasarkan pada ide mengenai dua cairan elektrik. Ia masih berbicara dengan tidak tahu malu mengenai "massa-massa elektrik yang mengalir dalam benda-benda," mengenai "suatu pembagian listrik-listrik dalam setiap molekul," dan sebagainya. Ini merupakan suatu musibah yang untuk sebagian besar, seperti sudah dikatakan, mau tidak mau menyusul dari keadaan ilmu-pengetahuan yang kini masih bersifat sementara, namun yang juga, dengan empirisisme yang berat-sebelah yang teristimewa bercokol di cabang penelitian ini, tidak sedikit menyumbang pada pelestarian kekacauan pikiran yang ada.

Pertentangan antara yang dinamakan listrik statik atau friksional dan listrik dinamik atau galvanisme kini dapat dipandang telah dijembatani, karena kita telah belajar memproduksi arus-arus yang bersinambungan dengan menggunakan mesin listrik dan, sebaliknya, dengan arus galvanik itu memproduksi apa yang disebut listrik statik, untuk mengisi buli-buli Leyden, dsb. Di sini tidak akan kita singgung perihal anak-bentuk listrik statik, atau mengenai magnetisme, yang kini diakui juga sebagai suatu anak-bentuk listrik. Betapapun, penjelasan teoretikal mengenai gejala yang termasuk di sini akan harus dicari dalam teori mengenai arus galvanik, dan karenanya kita terutama akan membahas ini.

Suatu arus bersinambungan dapat diproduksi dengan banyak cara yang berbeda-beda. Gerak massa mekanikal menghasilkan *secara langsung*, lewat pergesekan, pertama-tama hanya listrik statik, dan suatu arus bersinambungan hanya dengan banyak pemborosan energi; bagi bagian terbanyak, setidak-tidaknya, untuk diubah menjadi gerak elektrik, diperlukan intervensi magnetisme, seperti dalam mesin-mesin magneto-elektrik dari Gramme, Siemens, dan lain-lainnya. Panas dapat diubah secara langsung menjadi suatu arus elektrik, seperti yang misalnya terjadi pada pertemuan (junction) dua logam berbeda. Energi yang dibebaskan oleh aksi kimiawi, yang dalam keadaan-keadaan biasa tampil dalam bentuk panas, dalam kondisi-kondisi yang cocok diubah menjadi gerak elektrik. Sebaliknya, bentuk gerak yang tersebut belakangan, segera setelah kondisi yang diperlukan terdapat, beralih menjadi sesuatu bentuk gerak lainnya; menjadi gerak massa (hingga batas sangat kecil secara langsung menjadi tarikan-tarikan dan tolakan-tolakan elektrodinamik; namun hingga batas yang jauh, oleh--lagi-lagi--intervensi magnetisme di dalam mesin elektro-magnetik); menjadi panas--seluruhnya suatu arus tertutup, kecuali perubahan-perubahan lain yang ditimbulkan; menjadi energi kimiawi--dalam sel-sel elektrolitik dan voltameter-voltameter yang dimasukkan ke dalam arus itu, di mana arus melepaskan/menyerakkan gabungan-gabungan yang sia-sia (tanpa-hasil) diserang dengan cara-cara lain.

Semua transformasi ini dikuasai oleh hukum dasar mengenai kesetaraan kuantitatif dari gerak lewat semua perubahan bentuk.

Atau, sebagaimana Wiedemann meng-ungkapkannya: "oleh hukum konservasi daya yang dikerahkan dengan segala jalan oleh kerja mekanikal untuk produksi arus itu mesti setara dengan kerja yang dikerahkan dalam memproduksi semua efek arus itu."⁷⁶ Pengubahan gerak massa atau panas menjadi listrik*) di sini tidak menimbulkan kesulitan-kesulitan bagi kita; telah ditunjukkan bahwa oleh apa yang dinamakan "daya elektro-motive" dalam kasus pertama adalah setara dengan kerja yang dihabiskan pada gerak itu, dan dalam kasus kedua adalah "pada setiap pertemuan thermopile secara langsung proporsional dengan suhu absolutnya" (Wiedemann, III, hal. 482), yaitu, dengan kuantitas panas yang terdapat pada setiap pertemuan diukur dalam satuan-satuan mutak. Hukum yang sama sebenarnya telah juga dibuktikan kesahihannya bagi listrik yang diproduksi dari energi kimiawi. Tetapi di sini masalahnya agaknya tidak begitu sederhana, sekurang-kurangnya bagi teori yang kini berlaku. Karenanya, mari kita memasuki masalah ini secara lebih mendalam.

Salah-satu dari serangkaian eksperimen yang paling indah mengenai transformasi-transformasi bentuk gerak sebagai hasil aksi suatu onggokan/tumpukan (pile) galvanik ialah yang dari Favre (1857-58).⁷⁷ Ia meletakkan sebuah onggokan Smee terdiri atas lima unsur di dalam sebuah kalori-meter; dalam sebuah kalori-meter kedua ia meletakkan sebuah motor elektro-magnetik kecil, dengan poros utama dan roda katrol yang menjorok demikian rupa sehingga tersedia untuk setiap jenis perangkaian. Setiap produksi dalam onggokan dari satu gram hidrogen, atau larutan 32.6 gram zinc (kesetaraan kimiawi tua dari zinc, sama dengan setengah berat atomik yang sekarang diterima: 65.2, dan dinyatakan dalam gram), membuahkan yang berikut ini:

A. Onggokan yang di dalam kalori-meter, tanpa motornya: produksi panas 18.682 atau 18.674 satuan panas.

B. Onggokan dan motor dikaitkan dalam arus tertutup, tetap motornya dicegah bergerak: panas dalam onggokan 16.448, di dalam motor 2.219, bersama-sama menjadi 18.667 satuan panas.

C. Seperti B., tetapi motornya bergerak, namun dengan mengangkat sesuatu bobot: panas di dalam onggokan 13.888, di dalam motor 4.769, bersama-sama menjadi 18.657 satuan panas.

D. Seperti C., tetapi dengan motor mengangkat suatu bobot dan dengan begitu melaksanakan kerja mekanikal = 131.24 kilogram-meter: panas di dalam onggokan 15.427, di dalam motor 2.947, total 18.374 satuan panas; kehilangan dalam perbandingan pada yang di atas 18.374 setara 308 satuan panas. Tetapi kerja mekanikal yang dilakukan mencapai 131.24 kilogram-meter, digandakan dengan 1000 (untuk menyegariskan kilogram-kilogram dengan gram-gram hasil-hasil kimiawi) dan dibagi dengan ekuivalen mekanikal panas = 423.5 kilogram-meter,⁷⁸) memberikan 309 satuan panas, sehingga menepati kehilangan tersebut di atas sebagai kesetaraan panas dari kerja mekanikal yang dilaksanakan.

Kesetaraan gerak dalam semua transformasinya, karenanya, secara mencolok dibuktikan bagi gerak elektrik juga, di dalam batas-batas kesalahan yang tak-terelakkan. Juga dibuktikan pula bahwa "daya elektro-motive" dari baterai galvanik tidak lain adalah energi kimiawi yang diubah menjadi listrik, dan baterinya sendiri tidak lain daripada sebuah alat, sebuah aparat, yang mengubah energi kimiawi dalam pembebasannya menjadi listrik, tepat sebagaimana sebuah mesin-uap mentransformasi panas yang disuplai kepadanya menjadi gerak mekanikal, tanpa dalam kedua kasus itu, aparat pengubah lebih lanjut menyuplai energi atas tanggungannya sendiri.

Namun, di sini timbul suatu kesulitan sehubungan dengan gaya konsepsi tradisional. Yang tersebut belakangan itu menjulukkan suatu "*daya pemisahan elektrik*" pada baterai berdasarkan kondisi-kondisi kontak yang terdapat di dalamnnya di antara cairan-cairan dan logam-logam, yang dayanya proporsional dengan daya elektro-motive dan karena itu bagi sebuah baterai tertentu mewakili suatu kuantitas energi tertentu. Lalu, apakah hubungan daya pemisahan elektrik ini, dari sumber energi ini, yang, menurut gaya pemahaman tradisional, bersifat inheren (pembawaan/kandungan) dalam baterai itu sendiri bahkan tanpa aksi kimiawi, dengan energi yang dibebaskan oleh aksi kimiawi? Dan jika ia suatu sumber energi yang

bebas/tidak tergantung pada yang tersebut belakangan, dari mana datangnya energi yang diberikan olehnya?

Pertanyaan ini, dalam suatu bentuk yang sedikit atau banyak tidak jelas merupakan titik sengketa antara teori kontak yang dibangun oleh Volta dan teori kimiawi dari arus galvanik yang lahir segera sesudahnya.

Teori kontak menjelaskan arus dari tegangan-tegangan elektrik yang timbul di dalam baterai pada kontak logam-logam dengan satu atau lebih dari cairan-cairan, atau bahkan sekedar pada kontak cairan-cairan itu sendiri, dan dari penetralan mereka atau dari listrik-listrik yang bertentangan/berlawanan yang dilahirkannya di dalam arus. Teori kontak murni memandang setiap perubahan kimiawi yang dengan begitu mungkin terjadi sebagai sekunder belaka. Di lain pihak, sudah sedini tahun 1805, Ritter menyatakan bahwa suatu arus hanya dapat dibentuk jika penggairah-penggairah (*excitants*) bereaksi secara kimiawi bahkan *sebelum* menutup arus itu. Pada umumnya teori kimiawi yang lebih tua ini diikhtisarkan oleh Wiedemann (I, hal.784) dengan hasil bahwa menurutnya apa yang disebut listrik kontak

"hanya tampil apabila pada waktu bersamaan ikut bermain/berperan suatu aksi kimiawi nyata dari benda-benda yang berkontak, atau setidaknya-tidaknya adanya suatu gangguan atas ekuilibrium kimiawi, bahkan apabila itu tidak secara langsung berkaitan dengan proses-proses kimiawi, suatu 'kecenderungan ke arah aksi kimiawi' di antara benda-benda dalam kontak itu."

Tampaklah bahwa kedua belah pihak mengajukan persoalan mengenai sumber energi dari arus itu hanya secara tidak langsung, sebagaimana memang nyaris tidak bisa lain pada waktu itu. Volta dan penerus-penerusnya menganggapnya wajar-wajar saja bahwa sekedar kontak benda-benda heterogen itu dapat memproduksi suatu arus bersinambungan, dan karenanya mampu melaksanakan kerja tertentu tanpa balikan setara (*equivalent return*). Ritter dan pendukung-pendukungnya sama kurang jelasnya mengenai cara (bagaimana) aksi kimiawi membuat baterai itu mampu memproduksi arus dan pelaksanaan kerjanya. Tetapi, apabila masalah ini telah lama berselang dituntaskan bagi teori kimia oleh Joule, Favre,

Raoult dan lain-lainnya, adalah yang sebaliknya bagi teori kontak. Sejauh hal itu berkanjang, ia pada pokoknya berada tetap di titik berangkatnya. Pengertian-pengertian yang termasuk pada suatu periode yang telah lama dilalui, suatu periode ketika orang mesti puas dengan menjulukkan suatu efek tertentu pada sebab pertama yang tersedia yang tampil/muncul di permukaan, tanpa menghiraukan apakah gerak dengan begitu dibuat lahir dari ketiadaan--pengertian-pengertian yang secara langsung berkontradiksi dengan hukum konservasi energi--dengan demikian terus ada di dalam teori mengenai listrik dewasa ini. Dan apabila aspek-aspek gagasan-gagasan ini yang paling banyak menimbulkan keberatan-keberatan ini dikesampingkan, diperlemah, dilarutkan, dikebiri, ditutup-tutupi, maka ini sama sekali tidak memperbaiki permasalahannya; kekacauan itu pasti cuma akan menjadi semakin buruk.

Sebagaimana telah kita ketahui, bahkan teori kimiawi yang lebih tua mengenai arus menyatakan hubungan-hubungan kontak dari baterai itu secara mutlak diharuskan bagi pembentukan arus itu: ia hanya mempertahankan bahwa kontak-kontak ini tidak akan pernah mencapai suatu arus terus-menerus (bersinambungan) tanpa aksi kimiawi serempak. Bahkan dewasa ini dianggap sudah dengan sendirinya bahwa penataan-penataan kontak baterai itu justru memberikan aparat itu yang dengannya energi kimiawi yang dibebaskan ditransformasi menjadi listrik, dan bahwa pada dasarnya bergantung pada penataan-penataan kontak inilah, apakah dan seberapa banyak energi kimiawi beralih menjadi gerak elektrik.

Wiedemann sebagai seorang empirisis yang berat-sebelah, berusaha menyelamatkan yang dapat diselamatkan dari teori kontak lama itu. Mari kita mengikuti yang dikatakannya.

"Berbeda dengan yang kita percayai sebelumnya," Wiedemann berkata (I, hal.799), "efek kontak benda-benda kimia yang tidak berbeda-beda, misalnya, dari logam-logam, *tidaklah dimutlakkan bagi teori anggokan*, tidak pula dibuktikan oleh fakta yang darinya *Ohm* menderivasi hukumnya, suatu hukum yang dapat diderivasi tanpa perkiraan ini, dan dari *Fechner*, yang menandakan/menguatkan hukum ini secara eksperimental, seperti itu pula mempertahankan/membela teori kontak. Sekalipun begitu, perangsangan/penggairahan (excitation) listrik lewat kontak *metalik*,

setidak-tidaknya menurut eksperimen-eksperimen yang kini tersedia, tidaklah dapat disangkal, bahkan sekalipun hasil-hasil kuantitatif yang dapat diperoleh dalam hal ini, senantiasa dinodai dengan suatu ketidak-pastian yang tak-terelakkan, karena ketidak-mungkinan untuk menjamin kebersihan mutlak permukaan-permukaan benda-benda dalam kontak itu."

Dapatlah disaksikan, bahwa teori kontak telah menjadi sangat berendah-hati. Ia mengakui bahwa ia sama sekali tidaklah dimutlakkan untuk menjelaskan arus itu, dan juga tidak dibuktikan secara teoretikal oleh Ohm maupun secara eksperimental oleh Fechner. Ia bahkan mengakui bahwa apa yang disebut eksperimen-eksperimen fundamental, yang menjadi satu-satunya pendasarannya, tidak akan pernah memberikan kecuali hasil-hasil tidak-pasti secara kuantitatif, dan akhirnya ia meminta kita untuk sekedar mengakui bahwa pada umumnya adalah lewat kontak--sekali pun hanya dari *logam-logam!*--bahwa gerak elektrik itu terjadi.

Jika teori kontak bersedia puas dengan ini, maka tidak adalah lagi sesuatu yang mesti dikatakan terhadapnya. Jelas akan diiyakan, bahwa pada kontak dua logam terjadilah gejala-gejala elektrikal, yang dengannya suatu preparasi sebuah kaki katak dapat dibuat berkedut, sebuah elektro-skope diisi (dimuati/distrom), dan lain-lain gerak ditimbulkan/dihasilkan. Satu-satunya pertanyaan yang pertama-tama akan timbul ialah: dari mana datangnya/berasal energi yang diperlukan untuk ini?

Untuk menjawab pertanyaan ini kita akan, menurut Wiedemann (I, hal.14): "mengemukakan *kurang lebih* pertimbangan-pertimbangan berikut ini: jika lembaran-lembaran metal heterogen A dan B didekatkan satu pada yang lainnya, mereka itu saling tarik satu sama lain akibat daya-daya adhesi. Pada saling kontak satu sama lain mereka kehilangan *vis viva* gerak yang diberikan pada mereka oleh tarikan ini. (Apabila kita menganggap bahwa molekul-molekul logam-logam itu berada dalam keadaan vibrasi permanen, *dapat* pula terjadi bahwa, jika pada kontak logam-logam heterogen itu molekul-molekulnya yang tidak bervibrasi secara serempak berkontak, maka suatu perubahan pada vibrasi mereka ditimbulkan dengan kehilangan *vis viva*.) *Vis viva* yang hilang itu *sebagian besar* diubah menjadi panas. Suatu *bagian kecil* darinya, namun, dihabiskan dalam timbulnya suatu pembagian yang berbeda dari listrik- listrik yang sebelumnya tidak-terpisah. Sebagaimana telah kita singgung di atas, benda-benda yang dikumpulkan itu menjadi bermuatan kuantitas-kuantitas listrik-

listrik positif dan negatif secara setara, *mungkin* sebagai akibat dari suatu tarikan yang tidak sama bagi kedua listrik itu."

Kerendahan hati teori kontak kian lama kian menjadi-jadi. Mula-mula diakui bahwa daya pemisah elektrik yang sangat kuat, yang kemudian mesti melaksanakan kerja yang begitu raksasa, sendirinya tidak memiliki energi sendiri, dan bahwa ia tidak dapat berfungsi jika tidak disuplai energi dari luar kepadanya. Dan kemudian padanya telah dibagikan suatu sumber energi yang lebih daripada sangat kecil, yaitu *vis viva* adhesi, yang hanya dapat berperan pada jarak-jarak yang nyaris tidak dapat diukur dan yang memperkenankan benda-benda itu menempuh kepanjangan-kepanjangan yang nyaris tidak dapat diukur. Tetapi itu tidak menjadi soal: ia ada secara tidak dapat dibantah dan juga menghilang secara tidak dapat dibantah pada kontak. Namun, bahkan sumber yang amat kecil ini masih memberikan terlalu banyak energi bagi maksud kita: sebagian *besar* diubah menjadi panas dan hanya suatu bagian *kecil* bekerja untuk membangkitkan daya pemisah elektrik. Nah, sekalipun sudah sangat diketahui banyaknya kasus terjadi dalam alam, di mana impuls-impuls yang luar-biasa kecilnya menimbulkan efek-efek yang luar-biasa besarnya, Wiedemann sendiri kagaknya merasa bahwa sumber energinya yang nyaris tidak menetes, di sini sulit sekali mencukupi, dan ia mencari suatu kemungkinan sumber kedua dalam memperkirakan suatu campurtangan vibrasi-vibrasi molekular dari kedua logam pada permukaan-permukaan kontak. Di samping kesulitan-kesulitan lain yang dijumpai di sini, Grove dan Gassiot telah menunjukkan bahwa untuk merangsang/menimbulkan listrik, maka kontak sesungguhnya sama-sekali tidaklah mutlak, sebagaimana Wiedemann sendiri mengatakan pada kita di halaman di muka. Singkatnya, semakin kita memeriksanya, semakin pula sumber energi untuk daya pemisah elektrik menyurut menjadi bukan apa-apa.

Namun begitu, hingga kini kita nyaris tidak mengetahui sumber lain apapun bagi pembangkitan listrik pada kontak metalik. Menurut Naumann (*Allgemeine und physikalische Chemie*, Heidelberg 1877, hal.675), "daya-daya elektro-motive-kontak mengubah panas menjadi listrik"; ia berpendapat "wajarnya perkiraan bahwa

kemampuan daya-daya ini untuk memproduksi gerak listrik bergantung pada kuantitas panas yang ada, atau, dalam kata-kata lain, bahwa ia adalah suatu fungsi dari suhu itu," sebagaimana juga telah dibuktikan secara eksperimental oleh Le Roux. Di sini, juga, kita mendapatkan diri kita meraba-raba dalam kegelapan. Hukum rangkaian voltaik logam-logam melarang kita lari pada proses-proses kimiawi yang secara terbatas terjadi secara terus-menerus pada permukaan-permukaan kontak, yang selalu ditutupi selapisan tipis udara dan air tidak murni, suatu lapisan yang boleh dikata tidak-dapat-dipisah sejauh itu bergantung pada kita; karenanya ia melarang kita menjelaskan pembangkitan listrik dengan kehadiran suatu elektrolit aktif yang tidak-kesat-mata di antara permukaan-permukaan kontak itu. Sebuah elektrolit mesti memproduksi suatu arus terus-menerus dalam arus tertutup itu, tetapi listrik dari sekedar kontak metalik, sebaliknya, menghilang pada penutupan arus. Dan di sini kita sampai pada persoalan sebenarnya: apakah, dan dengan cara bagaimana, produksi suatu arus terus-menerus pada kontak benda-benda yang secara kimiawi berbeda-beda dimungkinkan oleh "daya pemisahan elektrik" ini, yang Wiedemann sendiri terutama batasi pada logam-logam, dengan menyatakan bahwa itu tidak mampu berfungsi tanpa energi disuplai dari luar, dan kemudian secara khusus merujuk pada suatu sumber energi yang benar-benar mikroskopik.

Rangkaian voltaik mengatur logam-logam dalam urutan-urutan sedemikian rupa sehingga masing-masing berkelakuan sebagai elektro-negatif dalam hubungannya dengan yang mendahuluinya dan sebagai elektro-positif dalam hubungannya dengan yang menyusulnya. Maka itu, jika kita menata serangkaian logam dalam urutan ini, misalnya, zinc, timah, besi, tembaga, platinum, maka kita akan dapat memperoleh suatu tegangan listrik pada setiap ujung. Namun, jika kita menata serangkaian logam untuk membentuk suatu arus tertutup sehingga zinc dan platinum dalam kontak, maka tegangan elektrik seketika dinetralisasi dan menghilang. "Maka itu produksi suatu arus listrik bersinambungan tidaklah mungkin dalam suatu arus tertutup dari benda-benda yang termasuk dalam rangkaian voltaik itu."

Wiedemann lebih lanjut mendukung pernyataan ini dengan pertimbangan teoretikal berikut ini:

"Sebenarnya, jika suatu arus listrik bersinambungan muncul dalam arus itu, ia akan menghasilkan panas di dalam konduktor-konduktor metalik itu sendiri, dan pemanasan ini paling-paling dapat di kontra-imbangi dengan pendinginan pada (titik/tempat) pertemuan-pertemuan metalik itu. Bagaimanapun, ia akan melahirkan suatu pendistribusian panas yang tidak merata; lagi pula, sebuah motor elektro-magnetik dapat terus-menerus digerakkan oleh arus itu tanpa suplai apapun dari luar, dan dengan demikian kerja akan dilaksanakan, yang adalah tidak-mungkin, karena de-ngan kuat-kuat menyatukan/menggabungkan logam-logam itu, misalnya dengan penyoldiran, tiada perubahan-perubahan lain untuk mengkompensasi kerja ini yang dapat terjadi bahkan pada permukaan-permukaan kontak itu."

Dan tidak-puas dengan bukti teoretikal dan eksperimental bahwa listrik kontak dari logam-logam itu sendiri tidak dapat memproduksi arus apapun, kita akan melihat juga, bahwa Wiedemann terpaksa mengemukakan suatu hipotesis istimewa untuk menghapus kegiatannya, bahkan di mana ia barangkali akan menampakkan dirinya di dalam arus itu.

Karena itu, marilah kita mencoba suatu cara lain untuk beralih dari listrik kontak kepada arus. Mari kita membayangkan, bersama Wiedemann,

"dua logam, seperti sebuah batang zinc dan sebuah batang tembaga, yang disoldir menyatu pada satu ujung, tetapi dengan ujung-ujung bebas mereka dikaitkan pada sebuah benda ketiga yang *tidak* beraksi secara elektromotive dalam hubungan de-ngan kedua logam itu, melainkan cuma menyalurkan listrik-listrik yang berlawanan yang terkumpul di atas permukaan-permukaan mereka, sehingga mereka dinetralisasi padanya. Lalu daya pemisah elektrik akan selalu memulihkan perbedaan potensial yang sebelumnya itu, dengan demikian suatu arus listrik bersinambungan akan muncul di dalam sirkuit itu, suatu arus yang akan mampu melaksanakan kerja tanpa kompensasi apapun, yang lagi-lagi adalah tidak-mungkin. Maka, tidak mungkin ada sebuah benda yang hanya menyalurkan listrik tanpa aktivitas elektro-motive dalam hubungan dengan benda-benda lain itu."

Kita tidak beranjak dari tempat kita sebelumnya: ketidak-mungkinan menciptakan gerak lagi-lagi menghalangi jalan kita. Dengan kontak benda-benda yang secara kimiawi tidak berbeda,

yaitu listrik kontak itu sendiri, kita tidak akan pernah memproduksi suatu arus. Karenanya, marilah kita balik dan mencoba suatu cara ketiga seperti yang ditunjukkan oleh Wiedemann:

"Akhirnya, apabila kita mencelupkan sebuah lembaran zinc dan lembaran tembaga ke dalam suatu cairan yang mengandung apa yang dinamakan senyawa (compound) *binari*, yang karenanya dapat di-dekomposisikan menjadi dua pendasar kimiawi yang berbeda yang selengkapnya saling menjenuhkan, misalnya, melarutkan asam hidroklorik ($H+Cl$), dsb., maka menurut paragraf 27 zinc itu menjadi terisi secara negatif dan tembaga secara positif. Pada penggabungan logam-logam itu, listrik-listrik itu saling menetralisasi satu sama lain melalui tempat kontak itu, dan lewat itu, *karenanya, suatu arus listrik positif* mengalir dari tembaga ke pada zinc itu. Lagi pula, karena daya pemisah elektrik membuat permunculannya pada kontak kedua logam ini *meneruskan* listrik positif *pada arah yang sama*, maka efek-efek daya-daya pemisah listrik *tidak dihapuskan* sebagaimana dalam sebuah sirkuit metalik yang tertutup. *Karenanya timbullah suatu arus listrik positif yang bersinambungan*, yang mengalir di dalam sirkuit tertutup itu dari tembaga lewat tempat kontaknya dengan zinc, ke arah yang tersebut bela-kangan, dan lewat cairan dari zinc kepada tembaga itu. Sebentar lagi kita akan kembali (paragraf 34, *et seq.*) pada persoalan sejauh mana daya-daya pemisah listrik secara individual yang hadir di dalam sirkuit itu *benar-benar* ikut-serta dalam pembentukan arus itu.--Suatu kombinasi konduktor-konduktor yang memberikan suatu 'arus galvanik' seperti itu kita istilahkan suatu unsur galvanik, atau juga sebuah baterai galvanik." (I, hal.45)

Demikianlah, keajaiban itu telah diujudkan. Oleh sekedar daya pemisah listrik dari kontak itu, yang, menurut Wiedemann sendiri, tidak bisa efektif tanpa disuplainya energi dari luar, suatu arus bersinambungan telah diproduksi. Dan, apabila pada kita tidak ditawarkan penjelasan apapun mengenai hal itu kecuali pasase Wiedemann di atas, maka sesungguhnya, itu akan tetap merupakan sebuah keajaiban mutlak. Apakah yang kita pelajari mengenai proses itu?

1. Jika zinc dan tembaga dicelupkan dalam suatu cairan yang mengandung apa yang dinamakan senyawa *binari*, maka, menurut paragraf 27, zinc itu menjadi dimuati secara negatif dan tembaga dimuati secara positif.--Tetapi dalam seluruh paragraf 27 itu tidak ada sepatah-katapun mengenai senyawa binari apapun. Ia cuma menggambarkan sebuah unsur voltaik sederhana dari selemba zinc

dan selembar tembaga, dengan sepotong kain yang dibasahi dengan suatu cairan *asam* diletakkan di antaranya, dan kemudian memeriksa, tanpa menyebutkan ataupun proses kimiawi, pemuatan-pemuatan statik-elektrik yang dihasilkan kedua logam itu. Karenanya, yang dinamakan senyawa *binari* itu telah diselundupkan di sini lewat pintu-belakang.

2. Apa yang dilakukan senyawa binari ini di sini tetap merupakan sebuah misteri gelap. Keadaannya, bahwa ia "*dapat* di-dekomposisikan menjadi dua pendasar kimiawi yang sepenuhnya saling menjenuhkan satu sama lain" (Sepenuhnya saling menjenuhkan setelah mereka di-dekomposisikan?!) paling-paling dapat mengajarkan sesuatu yang baru kepada kita, seandainya ia *benar-benar men-dekomposisi*. Tetapi tidak sepatah-kata mengatakan hal itu kepada kita, karenanya untuk sementara ini kita mesti mengandaikan bahwa ia *tidak* mendekomposisi, misalnya dalam hal parafin.

3. Manakala zinc di dalam cairan itu telah dimuati secara negatif, dan tembaga itu dimuati secara positif, lalu kita membuat mereka berkontak (di luar cairan itu). Seketika "*listrik-listrik* ini saling menetralisasi satu sama lain lewat tempat kontak itu, lewat mana, *karenanya*, suatu arus listrik *positif* mengalir dari tembaga itu pada zinc itu." Lagi-lagi, kita tidak mengetahui mengapa hanya suatu arus listrik "*positif*" yang mengalir pada satu arah, dan tidak juga suatu arus listrik "*negatif*" ke arah yang berlawanan. Kita sama sekali tidak mengetahui apa jadinya dengan listrik negatif itu, yang, hingga kini, justru sama perlunya seperti listrik positif itu; efek dari daya pemisah elektrik justru terdiri atas pembebasan keduanya itu untuk saling berlawanan satu sama lain. Kini ia secara tiba-tiba ditindas, sebagaimana ia dilenyapkan, dan ditampilkan seakan-akan hanya ada listrik positif.

Tetapi, lagi-lagi, di halaman 51, justru yang sebaliknya yang dikatakan, karena di sini "*listrik-listrik itu bersatu* dalam satu arus"; artinya, baik yang negatif maupun yang positif mengalir di dalamnya! Siapakah yang akan menolong kita dari kekacauan ini?

4. "Lebih lanjut, *karena* daya pemisah elektrik membuat permunculan pada kontak kedua logam ini meneruskan listrik

listrik *dalam arah yang sama*, efek-efek daya-daya pemisah elektrik tidak dilenyapkan/dihapuskan seperti dalam sebuah sirkuit metalik. *Karenanya*, timbullah suatu arus bersinambungan,dst.

Ini sudah keterlaluan. Sebab, seperti akan kita lihat, Wiedemann, beberapa halaman kemudian, membuktikan kepada kita (hal.52), bahwa

pada "pembentukan suatu arus bersinambungan.....daya pemisah elektrik di tempat kontak logam-logam itu.... *mesti tidak aktif*,

bahwa, tidak saja suatu arus terjadi bahkan jika daya ini, gantinya meneruskan listrik positif pada satu arah, bertindak secara berlawanan dengan arah arus itu, tetapi bahwa dalam hal ini, juga, tidaklah dikompensasi dengan suatu bagian tertentu dari daya pemisah dari baterai itu dan, karena itu, menjadi tidak-aktif kembali. Konsekuensinya, bagaimana Wiedemann di hal. 45 membuat suatu daya pemisah elektrik berpartisipasi sebagai suatu faktor keharusan dalam pembentukan arus itu, sedangkan pada halaman 52 ia menempatkan itu sebagai tiada beraksi selama arus itu, dan lebih-lebih lagi, dengan suatu hipotesis yang khusus dibangunnya untuk maksud ini?

5. "Maka lahirlah suatu *arus bersinambungan* dari listrik positif, yang me-ngalir di dalam sirkuit tertutup itu dari tembaga melalui tempat kontaknya dengan zinc, ke arah yang tersebut belakangan, dan lewat cairan itu, dari zinc pada tembaga."

Tetapi dalam hal suatu arus listrik bersinambungan seperti itu, "panas akan diproduksi olehnya di dalam konduktor-konduktor itu sendiri," dan akan juga mungkin bagi "sebuah motor elektromagnetik untuk digerakkan olehnya dan dengan demikian kerja dilaksanakan," yang, namun, tidaklah mungkin tanpa suplai energi. Karena Wiedemann hingga kini tidak mendesahkan separah-katapun mengenai apakah terjadi suatu suplai energi seperti itu, atau dari mana itu datangnya, maka arus bersinambungan itu sejauh ini cuma sebuah kemustahilan dalam kedua kasus yang diselidiki sebelumnya.

Tidak ada orang yang merasakan hal ini lebih daripada Wiedemann sendiri. Maka ia menganggapnya lebih baik untuk secepat mungkin melewati banyak soal-soal menggelitik mengenai penjelasan menakjubkan tentang pembentukan arus ini, dan gantinya itu menghibur para pembaca--melalui sejumlah halaman yang penuh dengan segala jenis anekdot--mengenai efek-efek thermal, kimiawi, magnetik, dan fisiologikal dari arus yang masih tetap misterius ini, dan dalam proses itu, sebagai suatu pengecualian, ia bahkan menyuarakan suatu nada yang populer sekali. Kemudian ia dengan tiba-tiba meneruskan (halaman 49):

"Kini kita mesti menyelidiki dengan cara apakah daya-daya pemisah listrik itu aktif di dalam suatu arus tertutup dari dua logam dan satu cairan, misalnya, zinc, tembaga, dan asam hidroklorik.

"Kita *mengetahui* bahwa ketika arus itu mengalir lewat cairan itu, maka pendasar-pendasar senyawa binari (HCl) yang terkandung di dalamnya menjadi terpisah sedemikian rupa sehingga satu pendasar (H) *dibebaskan/dilepaskan* pada tembaga itu, dan suatu jumlah setara dari yang lainnya (Cl) pada zinc, yang dengannya pendasar *tersebut belakangan* berpadu dengan sejumlah kesetaraan zinc untuk membentuk ZnCl."

"Kita *mengetahui!* Kalau kita mengetahui ini, kita jelas-jelas tidak mengetahuinya dari Wiedemann yang, seperti telah kita lihat, sejauh ini tidak mendesahkan sepatah-kata pun mengenai proses ini. Selanjutnya, *jika* kita mengetahui apa-apa tentang proses ini, itu tidak dapat berlangsung dengan cara yang dilukiskan oleh Wiedermann.

Pada pembentukan sebuah molekul HCl dari hidrogen serba-gas dan klorine serba-gas, sejumlah energi = 22.000 satuan panas dibebaskan (Julius Thomsen). Karenanya, untuk melepaskan klorine dari kombinasinya dengan hidrogen, kuantitas energi yang sama mesti disuplai dari luar untuk setiap molekul HCl. Dari manakah baterai mendapatkan/menderivasi energi ini? Uraian Wiedemann tidak mengatakan apa-apa mengenai itu, maka biarlah kita mencarinya sendiri.

Manakala klorine berpadu dengan zinc untuk membentuk zinc klorine, suatu kuantitas energi yang sangat lebih besar dibebaskan

daripada yang diperlukan untuk memisahkan klorine dari hidrogen; (Zn, Cl^2) mengembangkan 97.210 satuan dan 2 (H, Cl) 44.000 satuan panas (Julius Thomsen). Dengan itu maka proses di dalam baterai menjadi dapat dimengerti. Maka itu, ia tidaklah seperti diuraikan Wiedemann, yaitu bahwa hidrogen tanpa banyak urusan dibebaskan pada tembaga, dan klorine pada zinc, "yang dengan begitu" lalu selanjutnya dan secara kebetulan zinc dan klorine itu menjadi terpadu. Sebaliknya, penyatuan zinc dengan klorine itu adalah syarat mendasar yang pokok bagi seluruh proses itu, dan selama hal ini tidak terjadi, seseorang dengan sia-sia akan menantikan hidrogen pada tembaga itu.

Kelebihan energi yang dibebaskan pada pembentukan sebuah molekul $ZnCl^2$ di atas yang dihabiskan pada pembebasan dua atom H dari dua molekul HCl , diubah di dalam baterai itu menjadi gerak elektrik dan memberikan seluruh "daya elektro-motive" yang membuat permunculannya dalam sirkuit arus. Maka itu bukanlah suatu "daya pemisah elektrik" yang menyobek hidrogen dan klorine tanpa sesuatu sumber energi yang dapat diperagakan; adalah keseluruhan proses kimiawi yang berlangsung di dalam baterai itu yang memberikan kepada semua "daya pemisah elektrik" dan "daya-daya elektro-motive" dari sirkuit tertutup itu energi yang diperlukan bagi keberadaannya.

Maka, untuk sementara, kita catat bahwa penjelasan *kedua* Wiedemann mengenai arus telah memberikan bantuan yang sama kecilnya seperti penjelasannya yang pertama, dan marilah kita melanjutkan dengan teks itu:79)

"Proses ini membuktikan bahwa kelakuan substansi binari di antara logam-logam tidak sekedar terdiri atas suatu tarikan predominan yang sederhana dari keseluruhan massanya bagi suatu listrik atau lainnya, seperti dalam hal logam-logam, melainkan bahwa sebagai tambahan telah diperagakan suatu aksi khusus dari pendasar-pendasarnya. Karena pendasar Cl dilepaskan di mana arus listrik positif masuk ke dalam cairan, dan pendasar H di mana yang masuk adalah listrik negatif, *kita memperkirakan* bahwa setiap kesetaraan klorine di dalam senyawa HCl itu dimuati dengan sejumlah tertentu listrik negatif yang menentukan tarikannya oleh listrik positif yang masuk. Ini adalah *pendasar elektro-negatif* dari kesenyawaan itu. Demikian pula kesetaraan H mesti dimuati dengan listrik positif dan dengan begitu mewakili pendasar elektro-positif dari kesenyawaan itu. Muatan-muatan

(pemuatan-pemuatan) ini *dapat* diproduksi pada pengombinasian H dan Cl secara tepat sama seperti pada kontak zinc dan tembaga. Karena senyawa Hcl itu sendiri non-elektrik, *kita mesti memperkirakan* juga bahwa di dalamnya atom-atom pendasar-pendasar positif dan negatif mengandung kuantitas-kuantitas listrik positif dan negatif secara setara.

"Jika sekarang selembar zinc dan selembar tembaga dicelupkan dalam larutan asam hidroklorik, *kita dapat menduga* bahwa zinc itu mempunyai tarikan yang lebih kuat ke arah pendasar elektro-negatif (Cl) daripada ke arah yang elektro-positif (H). Karenanya, molekul-molekul asam hidroklorik dalam kontak dengan zinc *akan* melepaskan diri agar pendasar-pendasar elektro-negatif mereka berbalik pada zinc, dan pendasar-pendasar delekto-positif mereka ke arah tembaga. Berkat pendasar-pendasar yang ditata seperti itu mengerahkan tarikan elektrikal mereka pada pendasar-pendasar molekul-molekul HCl berikutnya, maka seluruh rangkaian molekul di antara lembaran-lembaran zinc dan tembaga menjadi tertata seperti dalam Gamb.10:

Zn	I	II	III	IV	Cu
-	Cl	H Cl	H Cl	H Cl	H +
+	-	+ -	+ -	+ -	+ -

Jika logam kedua beraksi pada hidrogen positif sebagaimana zinc pada klorine negatif, maka itu akan membantu meningkatkan penataan. Jika ia beraksi secara berlawanan, tetapi hanya secara lebih lemah, maka arahnya akan tetap tidak berubah.

"Oleh pengaruh yang ditimbulkan listrik negatif dari Cl pendasar elektro-negatif yang di sebelah zinc, maka listrik *akansedemikian* rupa didistribusikan dalam zinc sehingga tempat-tempat di atasnya yang berdekatan dengan Cl atom⁸⁰) asam yang langsung di sebelahnya akan menjadi bermuatan positif, yang lebih jauh darinya bermuatan negatif. Demikian pula, listrik negatif akan berakumulasi dalam tembaga di sebelah pendasar (H) elektro-positif dari atom asam hidroklorik di sebelahnya, dan listrik positif akan di dorong pada bagian-bagian yang lebih jauh.

"*Berikutnya*, listrik positif dalam zinc *akan* berpadu dengan listrik negatif dari atom Cl yang langsung di sebelahnya, dan yang tersebut belakangan itu sendiri dengan zinc (untuk membentuk ZnCl non-elektrik) Atom elektro-positif H, yang sebelumnya telah berpadu dengan atom Cl ini, *akan* bersatu dengan atom Cl yang berpaling ke arahnya yang termasuk pada atom HCl kedua, dengan kombinasi serempak listrik-listrik yang terkandung dalam atom-atom ini; demikian pula, H dari atom kedua dari HCl *akan berpadu* dengan atom ketiga Cl, dan begitu seterusnya, hingga akhirnya di atas tembaga itu sebuah atom H *akan* dibebaskan, yang listrik positifnya

akan bersatu dengan listrik negatif dari tembaga yang didistribusikan, sehingga ia dapat lolos dalam suatu keadaan tidak-dielektrifikasi." Proses ini akan "ulang-berulang sendiri sampai aksi tolakan dari listrik-listrik yang terakumulasi dalam lembaran-lembaran logam pada listrik-listrik pendasar-pendasar asam hidroklorik yang berbalik/tertuju ke arahnya mengimbangi tarikan kimiawi yang tersebut belakangan ini oleh logam-logam itu. Namun, apabila lembaran-lembaran logam itu digabungkan dengan sebuah konduktor, maka listrik-listrik bebas dari lembar-lembar logam itu bersatu satu sama lainnya dan proses-proses tersebut di atas dapat mulai kembali. *Dengan cara ini*, suatu aliran listrik yang konstan akan lahir.

"Jelaslah, bahwa dengan begitu suatu kehilangan *vis viva* terus-menerus terjadi, disebabkan oleh pendasar-pendasar senyawa binari dalam migrasinya pada logam-logam yang bergerak pada yang tersebut belakangan dengan suatu kecepatan tertentu dan kemudian berhenti, baik itu dengan pembentukan suatu senyawa ($ZnCl$) ataupun dengan lolos dalam keadaan bebas (H). (*Catatan [dari Wiedemann]*): Karena perolehan dalam *vis viva* pada pemisahan pendasar-pendasar Cl dan Hdikompensasi oleh *vis viva* yang hilang pada penyatuan pendasar-pendasar ini dengan pendasar-pendasar atom-atom yang bersebelahan, maka pengaruh proses ini dapat diabaikan.) Kehilangan *vis viva* ini setara dengan kuantitas panas yang dibebaskan dalam proses kimiawi yang terjadi secara kasat-mata, pada hakekatnya, karenanya, yang memproduksi pelarutan suatu kesetaraan zinc di dalam larutan asam. Nilai ini harus sama dengan yang dari kerja yang dihabiskan pada pemisahan listrik-listrik. Karenanya, apabila listrik-listrik bersatu untuk membentuk suatu arus, maka, selama pelarutan suatu kesetaraan zinc dan dilepaskannya suatu kesetaraan hidrogen dari cairan itu, mesti membuat permunculannya di dalam seluruh sirkuit, baik itu dalam bentuk panas ataupun dalam bentuk pelaksanaan kerja eksternal, suatu jumlah kerja yang juga setara dengan perkembangan panas yang bersesuaian dengan proses kimiawi ini."

"Mari diandaikan--dapat--kita mesti memperkirakan--kita dapat menduga--akan didistribusikan--akan menjadi dimuati/diisi," dsb., dsb. Terkaan dan bentuk-bentuk pengandaian semata-mata, yang darinya hanya petunjuk/tanda aktual yang dapat ditarik secara pasti: pertama, bahwa kombinasi zinc dengan klorine *kini* dinyatakan menjadi persayaratan/kondisi bagi pembebasan hidrogen; kedua, sebagaimana kita ketahui tepat pada akhirnya dan karena itu secara kebetulan, bahwa energi yang dengan demikian dibebaskan adalah sumber, dan benar-benar satu-satunya sumber, dari semua energi yang diperlukan bagi pembentukan arus itu; dan ketiga, bahwa penjelasan mengenai pembentukan arus ini adalah secara langsung bertentangan/berlawanan dengan kedua penjelasan yang diberikan

sebelumnya, sebagaimana yang tersebut belakangan itu sendiri saling bertentang-tentangan.

Selanjutnya dikatakan:

"Bagi pembentukan suatu arus terus-menerus, karenanya, terdapat daya pemisah elektrik *semurni-murninya dan satu-satunya* yang aktif, yang diderivasi dari tarikan tidak setara dan polarisasi atom-atom senyawa binari dalam merangsang/menggairahkan cairan baterai dengan elektrode-elektrode logam; di tempat kontak logam-logam, di mana tiada dapat terjadi perubahan-perubahan mekanikal lebih lanjut, daya pemisah elektrik *di pihak lain/sebaliknya harus tidak-aktif*. Daya ini, jika secara kebetulan berkontra-aksi terhadap penggairahan elektro-motive logam-logam itu dengan cairan (seperti pada pencelupan seng dan timah dalam larutan potasium sianide), tidak dikompensasi oleh suatu bagian tertentu dari daya pemisah pada tempat kontak, telah dibuktikan oleh proporsionalitas lengkap daya pemisah elektrik total (dan daya elektro-motive) dalam arus tertutup tersebut di atas, dengan kesetaraan panas proses-proses kimiawi tersebut di atas. Karena itu ia mesti dinetralisasi dengan cara lain. Hal ini akan terjadi secara paling sederhana berdasarkan perkiraan bahwa pada kontak cairan perangsang dengan logam-logam, daya elektro-motive diproduksi secara rangkap; di satu pihak oleh suatu tarikan yang tidak sama kuatnya dari *massa* cairan sebagai suatu keseluruhan terhadap suatu listrik atau lainnya, di pihak lain oleh tarikan tidak setara dari logam-logam terhadap *pendasar-pendasar* cairan yang bermuatan listrik-listrik yang berlawanan... Berkat tarikan (*massa*) tidak-setara yang tersebut duluan ke arah listrik-listrik itu, cairan-cairan akan sepenuhnya bersesuaian dengan hukum rangkaian-rangkaian logam-logam voltaik, dan dalam suatu sirkuit tertutup... netralisasi lengkap hingga zero (nol) dari daya-daya pemisah elektrik (dan daya-daya elektro-motive) terjadi; aksi (*kimiawi*) kedua... di pihak lain akan *dengan sendirinya* menyuplai daya pemisah elektrik yang diperlukan bagi pembentukan arus dan daya elektro-motive yang bersesuaian." (I, hal.52-53.)

Dengan ini maka relik-relik terakhir dari teori kontak kini untungnya telah disingkirkan dari pembentukan arus itu, dan serempak dengan itu juga relik-relik terakhir dari penjelasan pertama Wiedemann mengenai pembentukan arus yang diberikan di halaman 45. Pada akhirnya telah diakui tanpa cadangan, bahwa baterai galvanik adalah sebuah aparat sederhana untuk mengubah energi kimiawi di dalam proses pembebasan menjadi gerak elektrik, menjadi apa yang disebut daya pemisah elektrik dan daya elektro-motive, tepat sebagaimana mesin-uap adalah sebuah aparat untuk

mengubah energi panas menjadi gerak mekanikal. Pada kasus yang satu, seperti pada kasus lainnya, aparat itu hanya memberikan kondisi bagi pembebasan dan transformasi selanjutnya dari energi itu, namun tidak menyuplai energi atas tanggungannya sendiri. Setelah ini dimantapkan, tinggalah kini bagi kita untuk melakukan suatu penelitian lebih cermat atas versi penjelasan Wiedeman ketiga mengenai arus itu. Bagaimanakah transformasi-transformasi energi dalam sirkuit tertutup dari baterai itu diungkapkan di sini?

Jelaslah, demikian Wiedemann berkata, di dalam baterai itu "terus-menerus terjadi hilangnya *vis viva*, berkat migrasi pendasar-pendasar senyawa binari pada/ke logam-logam yang bergerak kepada yang tersebut terakhir itu dengan suatu kecepatan tertentu dan yang kemudian berhenti, baik itu dengan pembentukan suatu kesenyawaan (ZnCl) ataupun dengan lolos dalam keadaan bebas (H). Kehilangan ini setara dengan kuantitas panas yang dibebaskan dalam proses kimiawi yang terjadi secara kasat-mata, karenanya yang secara hakiki, yang dihasilkan pada pelarutan suatu ketaraan zinc dalam larutan asam."

Pertama, jika proses itu berlangsung dalam bentuk *murni*, sama sekali tidak ada panas yang dibebaskan di dalam baterai pada pelarutan zinc itu; energi yang dibebaskan itu memang secara langsung diubah menjadi listrik dan hanya dari inilah diubah lebih lanjut menjadi panas oleh perlawanan seluruh sirkuit itu.

Kedua, *vis viva* adalah setengah produksi massa dan kuadrat kecepatan. Karenanya pernyataan di atas berbunyi: energi yang dibebaskan pada pelarutan suatu kesetaraan zinc dalam larutan asam hidroklorik, yang menyamai sekian bsanyak kalori, adalah juga setara dengan setengah produk massa ion-ion dan kuadrat kecepatan yang dengannya mereka bermigrasi ke logam-logam itu. Dinyatakan secara demikian, jelaslah pernyataan itu palsu adanya; *vis viva* yang muncul pada migrasi ion-ion itu jauh daripada setara dengan energi yang dibebaskan oleh proses kimiawi itu.***) Tetapi, seandainya mesti begitu, tidak ada arus yang dimungkinkan, karena tidak akan ada tersisa energi bagi arus itu di dalam selebihnya sirkuit tertutup itu. Maka dimasukkanlah pernyataan selanjutnya, bahwa ion-ion itu berhenti "atau bersama pembentukan suatu kesenyawaan ataupun dengan lolos dalam keadaan bebas." Tetapi jika hilangnya *vis viva* mesti mencakup juga transformasi-transformasi energi yang

terjadi pada kedua proses ini, maka kita memang telah sampai pada suatu jalan-buntu. Karena justru pada kedua proses itu secara bersama-sama kita berhutang seluruh energi yang dibebaskan itu, sehingga secara mutlak tidak ada masalah ini mengenai suatu *kehilangan vis viva*, melainkan paling-paling mengenai suatu *perolehan*.

Maka jelaslah, bahwa Wiedemann sendiri tidak memaksudkan apa-apa secara pasti dengan proposisi ini; bahkan *hilangnya vis viva* hanya mewakili *deus ex machina* yang adalah untuk memungkinkannya melakukan lompatan fatal dari teori kontak lama pada penjelasan kimiawi mengenai arus itu. Sesungguhnya, *hilangnya vis viva* kini telah melaksanakan fungsinya dan telah disingkirkan; untuk selanjutnya proses kimiawi di dalam baterai secara tidak-terbantahkan diakui sebagai satu-satunya sumber energi bagi pembentukan arus, dan kecemasan satu-satunya yang tersisa pada pengarang kita ialah bagaimanakah ia dengan sopan dapat melepaskan arus itu dari relik terakhir dari perangsangan listrik pada kontak benda-benda yang secara kimiawi tidak berbeda, yaitu, daya pemisah yang aktif di tempat kontak kedua logam itu.

Membaca penjelasan di atas mengenai pembentukan arus yang diberikan oleh Wiedemann, orang dapat mempercayai diri sendiri pada kehadiran suatu spesimen dari jenis *apologia* yang oleh para ahli teologi yang sepenuhnya-dan semi-ortodoks selama hampir empat-puluh tahun berselang dipergunakan untuk menghadapi kritisisme injil secara filologiko-historikal dari Strauss, Wilke, Bruno Bauer, dsb. Metodenya sepenuhnya sama, dan memang tidak bisa lain. Karena dalam kedua kasus itu ia adalah suatu masalah penyelamatan/pengamanan *tradisi warisan* dari pikiran ilmiah. Empirisisme eksklusif, yang paling banter memperkenankan dirinya berpikir dalam bentuk kalkulasi matematikal, membayangkan bahwa itu hanya beroperasi dengan fakta yang tidak-terbantahkan. Namun, sebenarnya, ia beroperasi secara predominan dengan pengertian-pengertian tradisional, dengan produk-produk pikiran para pendahulunya yang sebagian besar sudah ketinggalan zaman, dan seperti itulah listrik positif dan negatif, daya pemisah elektrik, teori kontak. Ini semua melayaninya sebagai dasar kalkulasi-

kalkulasi matematikal yang tiada habis-habisnya, di mana, berkat kekejuran perumusan matematikal, sifat hipotetikal premis-premisnya secara mudah dilupakan. Jenis empirisisme ini sama sahnya terhadap hasil-hasil pikiran para pendahulunya, sebagaimana ia bersikap skeptikal terhadap hasil-hasil pikiran masa-kini. Baginya bahkan fakta yang telah dibuktikan secara eksperimental berangsur-angsur telah menjadi tidak-terpisahkan dari penafsiran-penafsiran tradisional mereka; gejala listrik paling sederhana diajukan secara palsu, misalnya, dengan menyelundup dalam kedua listrik itu; empirisisme ini *tidak dapat* lagi menguraikan fakta secara benar, karena penafsiran tradisional dianyamkan ke dalam uraian itu. Singkatnya, di sini kita di bidang teori listrik mempunyai suatu tradisi yang telah berkembang sama tingginya seperti yang di bidang teologi. Dan karena di kedua bidang ini hasil-hasil riset-riset terbaru, pembuktian fakta yang hingga kini tidak diketahui atau disengketakan dan kesimpulan-kesimpulan teoretikal yang secara tidak-terelakkan ditarik, tanpa ampun bertentangan dengan tradisi-tradisi lama, maka para pembela tradisi-tradisi ini mendapatkan diri mereka dalam kesulitan yang paling menggelisahkan. Mereka terpaksa lari pada segala jenis dalih dan kelayakan-kelayakan yang tidak bisa dipertahankan, pada penyembunyian-penyembunyian kontradiksi-kontradiksi yang tidak dapat didamaikan, dan dengan demikian akhirnya mendaratkan diri mereka ke dalam suatu rampai-rampai kontradiksi yang darinya mereka tidak dapat melepaskan diri. Adalah kepercayaan pada semua teori lama mengenai listrik yang menjerumuskan Wiedemann ke dalam keruwetan kontradiksi dengan diri sendiri, semata-mata disebabkan oleh suatu usaha sia-sia untuk secara rasional mendamaikan penjelasan lama mengenai arus dengan "daya kontak", dengan penjelasan modern yaitu dengan pembebasan energi kimiawi.

Barangkali akan diajukan keberatan bahwa kritisisme di atas mengenai penjelasan Wiedemann tentang arus itu didasarkan pada permainan-sulap dengan kata-kata; bahwa sekalipun pada awalnya Wiedemann menyatakan dirinya secara agak sembrono dan tidak-cermat, ia tetap--pada akhirnya--memberikan pertanggung-jawaban yang tepat sesuai dengan azas konservasi energi dan dengan begitu

mendudukan segala sesuatunya tepat di tempat masing-masing. Terhadap pandangan ini, di bawah ini kita memberikan sebuah contoh lain, yaitu uraiannya mengenai proses di dalam baterai: zinc--larutan asam sulfurik--tembaga:

"Namun, jika kedua lembaran itu digabungkan dengan sebuah kawat, timbullah/lahirlah suatu arus galvanik... Dengan proses elektrolitik itu, suatu kesetaraan hidrogen dilepaskan kepada tembaga itu dari air larutan asam sulfurik, hidrogen ini lolos dalam gelembung-gelembung. Pada zinc itu terbentuk satu kesetaraan oksigen yang mengoksidasikan zinc untuk membentuk zinc oksida, yang tersebut belakangan itu menjadi buyar/larut di dalam asam sekelilingnya untuk membantuk zinc oksida sulfurik." (I, hal. 593.)

Untuk memecahkan air menjadi hidrogen serba-gas dan oksigen serba-gas diperlukan sejumlah energi sebanyak 68.924 satuan panas bagi setiap molekul air. Lalu, dari mana datangnya/asalnya energi dalam baterai di atas? "Lewat proses elektrolitik." Dan dari mana proses elektrolitik itu mendapatkannya? Tiada jawaban yang diberikan!

Tetapi Wiedemann lebih lanjut memberitahukan pada kita, tidak hanya sekali, melainkan sekurang-kurangnya dua kali (I, hal. 472 dan hal. 614), bahwa "menurut eksperimen baru-baru ini (dalam elektrolisis) air itu sendiri tidak di-dekomposisikan", tetapi dalam kasus kita adalah asam sulfurik H_2SO_4 yang pecah menjadi H^2 di satu pihak dan menjadi SO^3+O di lain pihak, di mana dalam kondisi-kondisi yang cocok, H^2 dan O dapat lolos dalam bentuk gas. Tetapi ini mengubah seluruh sifat proses itu. H^2 dari H_2SO_4 secara langsung digantikan oleh zinc bivalen membentuk zinc sulfat, $ZnSO_4$. Tersisalah, di satu sisi H^2 , dan di lain sisi SO^3+O . Kedua gas itu lolos dalam proporsi-proporsi di mana mereka bersatu untuk membentuk air, SO^3 bersatu dengan air H_2O dari larutan itu untuk membentuk kembali H_2SO_4 , yaitu asam sulfurik. Pembentukan $ZnSO_4$, namun, tidak hanya mengembangkan energi cukup untuk menggantikan dan membebaskan hidrogen dari asam sulfurik, tetapi juga meninggalkan/menyisakan suatu kelebihan/sisa yang banyak sekali, yang dalam kasus kita dihabiskan dalam pembentukan arus itu. Maka itu, zinc tidak menunggu sampai proses elektrolitik itu

menyediakan oksigen bebas bagi keperluannya, untuk pertama-tama menjadi dioksidasi dan kemudian menjadi larut di dalam asam itu. Sebaliknya, ia secara langsung memasuki proses itu, yang hanya dan semata-mata lahir oleh *keikut-sertaan zinc ini*.

Di sini kita melihat bagaimana faham-faham kimia yang ketinggalan zaman membantu faham-faham kontak yang ketinggalan zaman. Menurut pandangan-pandangan modern, suatu garam adalah suatu asam di mana hidrogen telah digantikan oleh suatu logam. Proses yang diteliti menguatkan pandangan ini; penggantian langsung hidrogen asam dengan zinc sepenuhnya menjelaskan transformasi energi itu. Pandangan lama, yang dianut Wiedemann, memandang suatu garam sebagai suatu senyawa dari suatu okside metalik dengan suatu asam dan karenanya berbicara mengenai okside zinc sulfurik gantinya tentang zinc sulfat. Tetapi untuk sampai pada okside zinc sulfurik di dalam baterai zinc dan asam sulfurik kita, zinc itu lebih dulu mesti dioksidasikan. Untuk secepat mungkin mengoksidasikan zinc itu, kita mesti membebaskan oksigen. Untuk membebaskan oksigen, kita mesti menganggap--karena hidrogen muncul di atas tembaga--bahwa air itu di-dekomposisi. Untuk mendekomposisi air, kita memerlukan energi yang banyak sekali. Bagaimana kita mendapatkannya? Sederhana saja, dengan proses elektrolitik yang sendirinya tidak dapat beroperasi selama produk akhir kimiawinya, yaitu "okside zinc sulfurik," belum mulai terbentuk. Sang anak melahirkan ibunya.

Sebagai konsekuensinya, juga di sini Wiedemann menempatkan seluruh proses itu secara mutlak salah, diputar dan dijungkir-balikkan. Dan sebabnya ialah karena ia menumpuk menjadi satu elektrolisis aktif dan pasif, dua proses yang secara langsung berlawanan, hanya sebagai elektrolisis belaka.

Hingga sejauh ini kita hanya memeriksa peristiwa-peristiwa di dalam baterai itu, yaitu, proses di mana suatu kelebihan energi yang dibebaskan oleh aksi kimiawi diubah menjadi listrik oleh tatanan-tatanan baterai itu. Tetapi sudah diketahui dengan baik bahwa proses ini juga dapat dibalikkan: listrik suatu arus bersinambungan yang diproduksi di dalam baterai dari energi kimiawi dapat, pada

gilirannya, diubah kembali menjadi energi kimiawi dalam suatu sel elektrolitik yang dimasukkan ke dalam sirkuit tertutup. Kedua proses ini jelas lawan masing-masing satu sama lainnya; jika yang pertama dipandang sebagai kimia-elektrik, maka yang kedua adalah elektro-kimiawi. Keduanya dapat terjadi dalam sirkuit yang sama dengan substansi-substansi yang sama. Demikianlah, batang voltaik dari unsur-unsur gas, yang arusnya diproduksi oleh penyatuan hidrogen dan oksigen untuk membentuk air, dapat, dalam sebuah sel elektrolitik yang dimasukkan ke dalam sirkuit itu, memberikan hidrogen serba-gas dan oksigen serba-gas dalam proporsi di mana mereka membentuk air. Pandangan yang lazim berlaku menumpuk kedua proses berlawanan itu menjadi satu di bawah ungkapan *tunggal*: elektrolisis, dan bahkan tidak membedakan antara elektrolisis aktif dan pasif, antara suatu cairan perangsang dan suatu elektrolit pasif. Demikianlah Wiedeman berbincang tentang elektrolisis pada umumnya dalam 143 halaman dan kemudian menambahkan sebagai pernyataan akhir mengenai "elektrolisis dalam baterai," di mana, lebih lanjut, proses-proses dalam baterai-bateri aktual hanya menduduki bagian yang lebih sedikit, yaitu tujubelas halaman dari bagian ini. Juga dalam "teori mengenai elektrolisis" yang berikutnya, perbedaan baterai dan sel elektrolitik bahkan tidak disinggung, dan setiap orang yang mencari suatu pendekatan mengenai transformasi-transformasi energi di dalam sirkuit tertutup di bab berikutnya, "The Influence of Electrolysis on the Conduction Resistance and the Electromotive Force in the Circuit," akan sangat sekali dikecewakan.

Mari kita sekarang membahas "proses elektrolitik" yang tidak terlawankan itu, yang mampu memisahkan H^2 dari O tanpa suplai energi yang kasat-mata, dan yang memainkan peranan yang sama dalam bagian-bagian buku itu seperti yang sebelumnya dilakukan "daya pemisah elektrik."

"Di samping proses pemisah ion-ion *utama yang semurninya elektrolitik*, sejumlah proses *sekonder, semurninya kimiawi*, yang bebas sekali dari yang pertama, terjadi oleh aksi ion-ion yang dipecah oleh arus itu. Aksi ini dapat terjadi pada material elektrode-elektrode dan pada benda-benda yang di-dekomposisi, dan dalam kasus larutan-larutan juga pada bahan pelarutnya." (I, hal. 481.)

Mari kita kembali pada baterai tersebut di atas: zinc dan tembaga dalam larutan asam sulfurik. Di sini, menurut pernyataan Wiedemann sendiri, ion-ion yang terpisah adalah H² dan O dari air. Karena itu, baginya oksidasi dari zinc dan pembentukan ZnSO₄ adalah proses sekunder, yang semurninya kimiawi, walaupun kenyataan bahwa hanya melalui itu proses utama/primer itu menjadi mungkin. Mari kita sekarang secara terinci memeriksa kekacauan yang tidak bisa tidak timbul dari pembalikan/inversi proses kejadian-kejadian yang sebenarnya.

Mari lebih dulu kita bahas apa yang disebut proses-proses sekunder dalam sel elektrolitik, yang mengenainya Wiederman mengemukakan beberapa contoh***) (hal.481-82.):

I. Elektrolisis sodium sulfat (Na₂SO₄) dilarutkan dalam air.

Ini "dipecahkan..... menjadi 1 ekuivalen SO₃+O... dan 1 ekuivalen Na... Namun, yang tersebut belakangan bereaksi pada bahan pelarut air dan memecahkan darinya 1 ekuivalen H, sedangkan 1 ekuivalen soda kaustik (NaOH) terbentuk dan menjadi larut dalam air sekelilingnya."

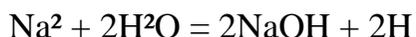
Ekuasinya adalah:



Sebenarnya, dalam contoh ini dekomposisinya



dapat dipandang sebagai proses utama/primer yang elektro-kimiawi, dan transformasi selanjutnya



sebagai proses sekunder yang semurninya kimiawi. Tetapi proses sekunder ini berlangsung seketika pada elektrode di mana hidrogen itu muncul, dan kuantitas energi yang sangat banyak (111.810 satuan-panas bagi Na, O, H, aq. menurut Julius Thomson) yang dengan begitu dibebaskan karenanya, sedikitnya untuk sebagian besar, berubah menjadi listrik, dan hanya sebagian di dalam sel

ditransformasi secara langsung menjadi panas. Tetapi hal yang terakhir dapat pula terjadi pada energi kimiawi yang secara langsung atau primer dibebaskan di dalam *bateri*. Kuantitas energi yang dengan begitu menjadi tersedia dan diubah menjadi listrik, namun, mesti dikurangi dari yang mesti disuplai oleh arus itu bagi kesinambungan dekomposisi Na_2SO_4 . Jika perubahan sodium menjadi oksida yang dihidrasi muncul pada saat *pertama/primer* dari proses total itu sebagai suatu proses sekunder, dari saat kedua seterusnya ia menjadi suatu faktor pokok dari proses total itu dan dengan begitu berhenti menjadi sekunder.

Namun suatu proses ketiga masih terjadi di dalam sel elektrolitik ini: SO_3 berkombinasi dengan H_2O untuk membentuk H_2SO_4 , asam sulfurik, asal SO_3 tidak masuk dalam kombinasi dengan logam elektrode positif, dalam hal mana energi akan dibebaskan lagi. Tetapi perubahan ini tidak mesti berlangsung segera pada elektrode itu, dan karenanya kuantitas energi (21.320 satuan-panas, J. Thomsen) yang dibebaskan dengan begitu menjadi sepenuhnya atau terutama diubah menjadi panas di dalam sel itu sendiri, dan paling banter memberikan suatu bagian listrik yang sangat sedikit di dalam arus itu. Satu-satunya proses sekunder yang terjadi di dalam sel ini, karenanya, sama sekali tidak disebut-sebut oleh Wiedemann.

II. "Jika suatu larutan sulfat tembaga ($\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$) dielektrolisis di antara suatu elektrode tembaga positif dan suatu elektrode platinum negatif, maka 1 ekuivalen tembaga memisah bagi 1 ekuivalen air yang di-dekomposisi pada elektrode platinum negatif itu, dengan dekomposisi serempak dari asam sulfurik dalam sirkuit arus yang sama; pada elektrode positif, 1 ekuivalen SO_4 mesti muncul; tetapi ini berpadu dengan elektrode tembaga untuk membentuk 1 ekuivalen CuSO_4 , yang menjadi larut di dalam air larutan yang dielektrolisis itu." (I, hal. 481.)

Di dalam gaya ungkapan kimia modern kita mempunyai, karenanya, untuk mewakili proses itu sebagai berikut: tembaga didepositkan pada platinum; SO_4 yang dibebaskan, yang tidak seperti itu adanya, pecah menjadi $\text{SO}_3 + \text{O}$, yang tersebut belakangan lolos dalam keadaan bebas; SO_4 mengambil H_2O dari bahan pelarut serba-aqua dan membentuk H_2SO_4 , yang kembali berpadu dengan elektrode tembaga untuk membentuk CuSO_4 , dengan H^2 dibebaskan.

Dikatakan secara tepat, di sini kita dapati tiga proses: (1) pemisahan Cu dan SO₄; (2) SO₃ + O + H₂O = H₂SO₄ + O; (3) H₂SO₄ + Cu = H₂ + CuSO₄. Adalah wajar untuk memandang yang pertama sebagai primer, kedua lainnya sebagai sekunder. Tetapi apabila kita memeriksa transformasi-transformasi energi itu, kita mendapatkan bahwa proses pertama selengkapnya dikompensasi oleh sebagian dari yang ketiga: pemisahan tembaga dari SO₄, dengan menyatukan kembali kedua-duanya pada elektrode lainnya. Jika kita tidak memperhitungkan energi yang diperlukan untuk memindahkan tembaga itu dari elektrode yang satu pada yang lainnya, dan demikian pula kehilangan energi di dalam baterai yang tidak terelakkan, yang tidak dapat ditentukan secara cermat, karena perubahannya menjadi panas di dalam baterai, maka di sini kita menjumpai suatu kasus di mana yang disebut proses primer tidak menarik energi dari arus itu. Arus itu memberikan energi secara eksklusif untuk memungkinkan pemisahan H₂ dan O, yang adalah secara tidak langsung, dan ini ternyata menjadi hasil kimiawi yang nyata dari seluruh proses itu--maka itu, untuk melaksanakan suatu proses *sekonder*, atau bahkan proses tertier (ketiga).

Bagaimanapun, dalam kedua contoh di atas, seperti dalam kasus-kasus lain juga, tidak dapat dibantah bahwa perbedaan proses-proses primer dan sekunder mempunyai suatu pembenaran relatif. Demikianlah dalam kedua kasus, antara lain, air juga seakan-akan di-dekomposisi dan unsur-unsur air dilepaskan pada elektrode-elektrode berlawanan. Karena, menurut eksperimen-eksperimen paling baru, air yang secara mutlak murni paling mendekati untuk menjadi suatu non-konduktor yang ideal, maka itu juga suatu non-elektrolit, menjadilah penting untuk menunjukkan bahwa dalam kasus-kasus ini dan yang serupa, bukanlah air yang secara langsung di-dekomposisikan secara elektro-kimiawi, tetapi bahwa unsur-unsur air itu dipisahkan dari asam, yang di dalam pembentukannya, air larutan itu memang mesti berpartisipasi.

III. Jika secara serentak asam hidroklorik (HCl + 8 H₂O) dielektrolisis dalam dua tabung-U... dengan menggunakan dalam satu tabung suatu elektrode zinc positif dan dalam tabung lainnya satu elektrode tembaga,

maka dalam tabung pertama suatu kuantitas zinc 32.53 dilarutkan, di dalam yang lainnya suatu kuantitas tembaga 2 X 31.7.81)

Untuk sementara biarlah kita tidak menyoalkan tembaga itu dan membahas zinc itu. Dekomposisi HCl di sini dipandang sebagai proses primer, pelarutan Zn sebagai sekunder.

Menurut konsepsi ini, karenanya, arus membawa pada sel elektrolitik itu energi dari luar yang diperlukan bagi pemisahan H dan Cl, dan setelah pemisahan ini selesai, maka Cl berpadu dengan Zn, dengan mana suatu kuantitas energi dibebaskan dengan mengurangnya dari yang diperlukan untuk memisahkan H dan Cl; arus itu karenanya hanya perlu menyuplai perbedaannya. Sejauh ini segala sesuatu berjalan dengan baik; tetapi jika kita mempertimbangkan kedua jumlah energi itu secara lebih teliti, kita mendapatkan bahwa yang dibebaskan pada pembentukan $ZnCl_2$ adalah *lebih besar* daripada yang dihabiskan dalam memisahkan $2HCl$; konsekuensinya ialah, bahwa arus itu tidak saja tidak perlu menyuplai energi, tetapi sebaliknya malahan *menerima energi*. Kita tidak lagi menghadapi suatu elektrolit pasif, tetapi suatu cairan penggairah, bukan sebuah sel elektrolit, tetapi sebuah *bateri*, yang memperkuat batang voltaik pembentuk-arus dengan sebuah unsur baru; proses yang mestinya kita terima sebagai sekunder telah menjadi mutlak primer, menjadi sumber energi dari seluruh proses itu dan membuat yang tersebut belakangan bebas dari arus yang disuplai oleh batang voltaik itu.

Di sini kita melihat jelas sumber seluruh kekacauan yang menguasai uraian teoretikal Wiedemann. Titik berangkat Wiedemann adalah elektrolisis; apakah ini aktif atau pasif, baterai atau sel elektrolitik, kesemuanya itu satu baginya: tulang-tulang potongan adalah tulang-tulang potongan, seperti yang dikatakan Mayor tua kepada Doktor Filsafat⁸²⁾ yang memasuki dinas militer tahun ini. Dan karena adalah lebih mudah mempelajari elektrolisis di dalam sel elektrolitik daripada dalam baterai itu, ia sebenarnya menjadikan sel elektrolitik itu sebagai titik berangkatnya, dan ia membuat proses-proses berlangsung di dalamnya, dan pembagian mereka yang cuma sebagian dibenarkan menjadi primer dan sekunder, ukuran dari

proses-proses dalam baterai yang sama sekali dibalikkannya, bahkan tanpa memperhatikan ketika sel elektrolitiknya secara diam-diam ditransformasi menjadi sebuah baterai. Karenanya ia dapat mengajukan proposisi:

"afinitas kimiawi yang dipunyai sustansi-sustansi yang dipisahkan bagi elektrode-elektrode tidak berpengaruh pada proses elektrolitik itu sendiri," (I, hal. 471)

sebuah proposisi yang dalam bentuk mutlak ini, seperti telah kita lihat, adalah seluruhnya palsu. Maka, selanjutnya, ketiga teorinya mengenai pembentukan arus: Pertama, teori tradisional yang lama, lewat kontak semurninya; kedua, yang diderivasi lewat daya pemisah elektrik yang difahami secara abstrak, yang dengan cara yang tidak dapat dimengerti memperoleh baginya sendiri atau bagi "proses elektrolitik" energi yang diperlukan untuk memecahkan H dan Cl di dalam baterai dan untuk pembentukan suatu arus pula; dan akhirnya, teori kimia-elektrik modern yang mendemonstrasikan sumber energi ini dalam jumlah aljabraik dari semua reaksi kimiawi di dalam baterai. Sebagaimana ia tidak memperhatikan bahwa penjelasan kedua menumbangkan penjelasan pertama, demikian juga ia tidak memahami bahwa penjelasan ketiga pada gilirannya menumbangkan penjelasan kedua. Sebaliknya, azas mengenai konservasi energi cuma sekedar ditambahkan secara sangat dangkal pada teori lama yang diwarisi dari rutine, tepat sebagaimana suatu teorem geometrikal melengkapi teori-teori sebelumnya. Ia tidak menyadari bahwa azas ini mengharuskan suatu revisi atas seluruh titik pandangan tradisional mengenai hal ini seperti juga di semua bidang ilmu pengetahuan alam lainnya. Maka itu, Wiedemann membatasi diri pada pencatatan azas itu dalam penjelasannya mengenai arus, dan kemudian dengan tenang meletakkannya ke samping, mengangkatnya kembali hanya pada akhir buku itu, dalam bab mengenai kerja yang dilaksanakan oleh arus itu. Bahkan dalam teori mengenai perangsangan listrik lewat kontak (I, hal.781 *et seq.*) konservasi energi sama sekali tidak memainkan peranan apapun dalam hubungannya dengan subjek pokok yang dipermasalahkan, dan hanya secara kebetulan dibawa-bawa untuk menjelaskan

masalah-masalah subsider: ia adalah dan tetap suatu "proses sekunder."

Mari kita kembali pada contoh III di atas. Di situ arus yang sama dipakai untuk mengelektrolisis asam hidroklorik dalam dua tabung-U, tetapi dalam yang sebuah terdapat suatu elektrode zinc positif, dalam yang lainnya elektrode positif yang dipakai adalah tembaga. Menurut hukum dasar elektrolisis Faraday, arus galvanik yang sama mendekomposisikan dalam setiap sel kuantitas-kuantitas elektrolit yang setara/sama, dan kuantitas-kuantitas substansi-substansi yang dibebaskan pada kedua elektrode itu adalah juga dalam proporsi dengan kesetaraan-kesetaraan mereka. (I, hal. 470.) Dalam kasus di atas telah ditemukan bahwa di dalam tabung pertama suatu kuantitas zinc 32.45 telah larut, dan di dalam tabung yang lain suatu kuantitas tembaga 2 X 31.7.

"Namun begitu," demikian Wiedemann melanjutkan, "ini bukan bukti bagi penyamaan nilai-nilai ini. Mereka cuma dipantau/diperhatikan dalam kasus arus arus yang sangat lemah dengan pembentukan kloride zinc.... di satu pihak, dan dari kloride tembaga.... di pihak lainnya. Dalam kasus arus-arus yang lebih kuat, dengan jumlah sama zinc yang larut, kuantitas tembaga yang larut akan turun.... menjadi 31.7 dengan pembentukan kuantitas-kuantitas kloride yang meningkat."

Telah diketahui bahwa zinc hanya membentuk suatu senyawa tunggal dengan klorine, zinc kloride, $ZnCl_2$; tembaga di lain pihak membentuk dua senyawa, kuprik kloride, $CuCl_2$, dan kloride serba-kuprik, Cu_2Cl_2 . Maka itu prosesnya ialah bahwa arus lemah memecahkan dua atom tembaga dari elektrode untuk masing-masing dua atom klorine, kedua atom tembaga tetap disatukan oleh *satu* dari kedua valensi mereka, sedangkan kedua valensi bebas mereka bersatu dengan kedua atom klorine:



Di pihak lain, jika arus itu menjadi semakin kuat, ia sepenuhnya memecah atom-atom tembaga, dan masing-masingnya menyatu dengan dua atom klorine.

Cl

Cu

Cl

Dalam hal arus-arus yang berkekuatan sedang, kedua senyawa terbentuk secara berdampingan. Dengan demikian maka semata-mata kekuatan arus itu yang menentukan pembentukan suatu atau senyawa lainnya, dan karenanya proses itu pada dasarnya adalah *elektro*-kimiawi, jika kata ini memang mempunyai sesuatu arti apapun. Namun begitu, Wiedemann secara tegas-tegas menyatakan bahwa itu adalah sekunder, karenanya bukan elektro-kimiawi, melainkan semurninya kimiawi.

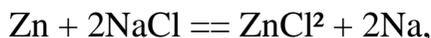
Eksperimen di atas adalah suatu eksperimen yang dilaksanakan oleh Renault (1867) dan adalah sebuah dari seluruh rangkaian eksperimen-eksperimen serupa di mana arus yang sama disalurkan dalam sebuah tabung-U lewat larutan garam (elektrode positif - zinc), dan dalam sebuah sel lain melalui sebuah elektrolit berbeda dengan berbagai logam sebagai elektrode positif. Jumlah-jumlah dari logam-logam yang dilarutkan di sini bagi setiap kesetaraan zinc sangatlahb berbeda besar, dan Wiedemann memberrikan hasiol-hasil dari seluruh rangkaian eksperimen itu yang, namun, sebenarnya, kebanyakannya terbukti-sendiri kimiawi dan memang tridak bisa lain. Demikianlah, untuk 1 ekuivalen zinc, hanya dua-per-tiga dari suatu ekuivalen emas dilarutkan dalam asam hidroklorik. Ini hanya dapat tampak luar-biasa apabila, seperti Wiedemann, seseorang menganut berat-berat ekuivalen lama dan menuliskan $ZnCl$ untuk zinc kloride, yang menurutnya baik klorine itu maupun zinc itu tampil di dalam kloride dengan hanya satu valensi *tunggal*. Di dalam kenyataannya dua atom klorine termasuk dalam satu atom zinc ($ZnCl_2$), dan segera setelah kita mengetahui perumusan ini kita seketika juga melihat bahwa di dalam penentuan kesetaraan-kesetaraan di atas, atom klorine itu mesti dinyatakan sebagai unit

dan bukan atom zinc itu. Formula untuk kloride emas, namun, adalah AuCl_2 , dari mana dapat segera dilihat, bahwa 3ZnCl_2 mengandung presis sebanyak klorine seperti 2AuCl_2 , sehingga semua proses primer, sekunder dan tertier di dalam baterai atau sel terpaksa mentransformasi, bagi setiap bagian lewat berat zinc yang diubah menjadi zinc kloride, tidak lebih dan tidak kurang daripada dua-per-tiga dari sebagian lewat berat⁸³) emas menjadi kloride emas. Ini berlaku mutlak, kecuali apabila senyawa AuCl juga dapat dibuat lewat cara-cara galvanik, dalam kasus mana bahkan dua ekuivalen emas akan harus dilarutkan untuk satu ekuivalen zinc, manakala variasi-variasi serupa menurut kekuatan arus dapat terjadi seperti dalam kasus tembaga dan klorine tersebut di atas. Nilai eksperimen-eksperimen Renault ialah kenyataan bahwa eksperimen-eksperimen itu menunjukkan betapa hukum Faraday telah dibuktikan oleh fakta yang tampaknya bertentangan dengannya. Tetapi yang diperkirakan sebagai sumbangannya dalam menerangkan proses-proses sekunder dalam elektrolisis tidaklah terbukti.

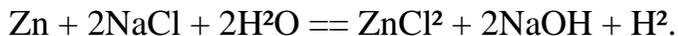
Contoh ketiga Wiedemann kembali membawa kita dari sel elektrolitik kepada baterai itu. Dan sesungguhnya baterai itu jauh lebih menarik jika orang memeriksa proses-proses elektrolitik dalam hubungannya dengan transformasi-transformasi energi yang terjadi di sini. Demikianlah tidak jarang kita menjumpai baterai-baterai di mana proses-proses elektrolitik itu kelihatannya terjadi dalam kontradiksi langsung dengan hukum konservasi energi dan berlawanan dengan afinitas kimiawi.

Menurut pengukuran-pengukuran Poggendorff, baterai: zinc--larutan konsentrasi garam--platinum, memberikan suatu arus berkekuatan 134.6. Maka kita dapatkan di sini suatu kuantitas listrik yang besar sekali, satu-per-tiga lebih besar daripada di dalam sel Daniell. Apakah yang menjadi sumber energi yang muncul di sini sebagai listrik? Proses "primer" itu adalah penggantian sodium di dalam senyawa klorine dengan zinc. Tetapi di dalam ilmu-kimia biasa bukanlah zinc yang menggantikan sodium, melainkan *vice versa*, sodium menggantikan zinc dari klorine dan senyawa-senyawa lain. Proses "primer" itu, jauh daripada mampu memberikan kuantitas energi di atas kepada arus itu, sebaliknya ia sendiri memerlukan

suatu suplai energi dari luar agar dapat menjadi/lahir. Karenanya, dengan sekedar proses primer itu kita kembali menghadapi jalan buntu. Maka, mari kita melihat pada proses sesungguhnya. Dan kita akan menemukan, bahwa perubahan itu bukan



tetapi



Dengan kata-kata lain, sodium itu tidak dipecahkan dalam keadaan bebas pada elektrode negatif, tetapi membentuk suatu hidroksida seperti contoh I di atas (hal.127-28)..

Untuk memperhitungkan transformasi-transformasi energi yang terjadi di sini, ketentuan-ketentuan (determinations) Julius Thomsen sekurang-kurangnya memberikan pada kita data penting tertentu. Menurutny, energi yang dibebaskan pada perpaduan (kombinasi) adalah sebagai berikut:

$$(\text{ZnCl}^2) = 97.210, (\text{ZnCl}^2, \text{aqua}) = 15.630,$$

membuat suatu total bagi larutan

zinc kloride	= 112.840 satuan-panas
2 (Na, O, H, aqua)	= 223.620 satuan panas

	336.460 satuan-panas

Dengan mengurangi konsumsi energi pada pemisahan-pemisahan itu:

2 (Na, Cl, aqua)	= 193.020 satuan-panas
2 (H ₂ , O)	= 136.720 satuan-panas

	329.740 satuan-panas

Kelebihan (ekses) energi yang dibebaskan menyamai 6.720 satuan-panas.

Jumlah ini jelas kecil bagi kekuatan arus yang didapatkan, tetapi cukup untuk menjelaskan, di satu pihak, pemisahan sodium dari klorine itu, dan di pihak lain, pembentukan arus pada umumnya.

Di sini kita mempunyai sebuah contoh yang mencolok mengenai kenyataan bahwa perbedaan proses-proses primer dan sekunder adalah semurni-murninya relatif dan membawa kita pada *ad absurdum* segera setelah kita menganggapnya mutlak. Proses elektrolitik primer, jika diambil tersendiri, tidak saja tidak dapat memproduksi arus apapun, tetapi bahkan tidak dapat terjadi sendiri. Adalah yang sekunder saja, yaitu proses yang seakan-akan semurninya kimiawi yang memungkinkan proses primer itu dan, lagi pula, menyuplai seluruh energi surplus itu bagi pembentukan arus. Maka itu, di dalam kenyataan, ialah terbukti/adalah proses primer itu dan yang lainnya adalah proses sekunder. Apabila perbedaan-perbedaan dan kebalikan-kebalikan (pertentangan-pertentangan) kejur/kaku itu, sebagaimana yang dibayangkan para ahli metafisika dan ilmuwan-ilmuwan alam metafisikal, secara dialektikal dibalikkan menjadi kebalikan-kebalikan mereka oleh Hegel, orang mengatakan bahwa ia telah memutar-balikkan kata-kata itu dalam mulut-mulut mereka. Tetapi jika alam sendiri berlangsung tepat seperti Hegel tua, maka benar-benar sudah waktunya untuk meneliti masalah itu secara lebih mendalam.

Dengan kesahihan lebih besar, yang dapat dipandang sebagai sekunder ialah proses-proses yang, selagi terjadi *sebagai konsekuensi* proses kimia-elektrik dari baterai atau proses elektro-kimiawi dari sel elektrolitik itu, melakukannya secara berdiri sendiri dan secara terpisah, yang karenanya terjadi dalam suatu jarak tertentu dari elektrode-elektrode. Maka, transformasi-transformasi energi yang terjadi dalam proses-proses sekunder seperti itu juga tidak termasuk dalam proses elektrik itu; secara langsung mereka tidak menarik energi darinya dan juga tidak menyuplai energi padanya. Proses-proses seperti itu acapkali terjadi di dalam sel elektrolitik; kita melihat suatu kejadian itu dalam contoh I di atas mengenai pembentukan asam sulfurik selama elektrolisis sodium

sulfat. Namun, itu semua tidak terlalu penting di sini. Kejadian mereka di dalam baterai, sebaliknya, mempunyai arti-penting praktis yang lebih besar. Karena, sekalipun mereka tidak secara langsung menyuplai energi kepada, atau menariknya dari proses kimia-elektrik, bagaimanapun mereka mengubah total energi tersedia yang terdapat di dalam baterai dan dengan demikian mempengaruhinya secara tidak langsung.

Termasuk di sini, di samping perubahan-perubahan kimiawi berikutnya dari jenis yang biasa, gejala-gejala yang terjadi apabila ion-ion dibebaskan pada elektrode-elektrode dalam suatu kondisi berbeda dari yang lazimnya terjadi kalau mereka dalam keadaan bebas, dan ketika mereka beralih pada yang tersebut belakangan hanya setelah bergerak menjauhi elektrode-elektrode itu. Dalam kasus-kasus seperti itu ion-ion itu dapat mengambil suatu kepadatan berbeda atau suatu keadaan agregasi yang berbeda. Mereka juga dapat mengalami perubahan-perubahan besar sekali dalam hal susunan molekular mereka, dan kasus ini adalah yang paling menarik. Dalam semua kasus ini, suatu perubahan panas analog bersesuaian dengan perubahan kimiawi atau fisikal sekunder dari ion-ion ini yang terjadi pada suatu jarak tertentu dari elektrode-elektrode itu; lazimnya panas dibebaskan, dalam beberapa kasus ia dikonsumsi. Perubahan panas ini, sudah tentu, terutama terbatas pada tempat di mana ia terjadi: cairan di dalam baterai atau sel elektrolitik menjadi lebih panas atau lebih dingin sedangkan sisa sirkuit tetap tidak terpengaruh oleh perubahan ini. Karena itu panas ini disebutkan panas lokal. Energi kimiawi yang dibebaskan yang tersedia bagi perubahan menjadi listrik adalah, karenanya, dikurangi atau ditingkatkan oleh kesetaraan panas positif atau negatif yang diproduksi di dalam baterai. Menurut Favre, di dalam baterai dengan hidrogen peroksida dan asam hidroklorik, dua-per-tiga dari total energi yang dibebaskan dikonsumsi sebagai panas lokal; sel Grove, sebaliknya, pada penutupan sirkuit menjadi sangat lebih dingin dan karena itu menyuplai energi dari luar pada sirkuit itu dengan menyerap panas. Maka kita melihat bahwa proses-proses sekunder ini juga bereaksi pada proses primer itu. Kita dapat melakukan pendekatan apapun sesuka kita, perbedaan antara proses-proses primer dan sekunder tetap hanya sesuatu yang relatif dan secara

teratur ditangguhkan di dalam interaksi yang satu dengan yang lainnya. Jika ini dilupakan dan pertentangan relatif seperti itu diperlakukan sebagai kemutlakan, maka orang akhirnya akan secara tidak tertolong lagi terlibat di dalam kontradiksi-kontradiksi, seperti yang telah kita lihat di atas.

Sebagaimana sudah sangat diketahui, pada pembebasan elektrolitik gas-gas, elektrode-elektrode metal menjadi ditutupi suatu lapisan tipis gas; konsekuensinya kekuatan arus itu berkurang hingga elektrode-elektrode itu dipenuhi dengan gas, setelah itu arus yang melemah itu kembali menjadi konstan. Favre dan Silbermann telah menunjukkan bahwa panas lokal juga bangkit dalam sel elektrolitik seperti itu; maka itu, panas lokal ini, hanya mungkin disebabkan oleh kenyataan bahwa gas-gas tidak dibebaskan pada elektrode-elektrode dalam keadaan di mana mereka lazimnya terjadi, melainkan bahwa mereka hanya dibawa ke dalam keadaan biasa ini setelah pemisahan mereka dari elektrode-elektrode, oleh suatu proses lebih lanjut dikaitkan dengan perkembangan panas. Tetapi bagaimanakah keadaan di mana gas-gas dilepaskan pada elektrode-elektrode itu? Tidak ada yang menyatakan mengenai hal ini secara lebih berhati-hati daripada Wiedemann. Ia mengistilahkan itu suatu keadaan "tertentu," suatu keadaan "allotropik," suatu keadaan "aktif," dan akhirnya, dalam kasus oksigen, beberapa kali, suatu keadaan "diozonisasi" (ozone). Dalam kasus hidrogen pernyataan-pernyataannya lebih misterius lagi. Secara kebetulan, pandangan telah dinyatakan bahwa ozone dan hidrogen peroksida adalah bentuk-bentuk dalam mana keadaan "aktif itu direalisasikan. Pengarang kita itu begitu bersemangat dalam pengejarannya akan ozone, sehingga ia bahkan menjelaskan sifat-sifat elektro-negatif ekstrem dari peroksida-peroksida tertentu dari kenyataan bahwa mereka _mungkin mengandung sebagian oksigen *dalam keadaan diozonisasi!* (I, hal.57.) Jelas bahwa baik ozone maupun hidrogen peroksida dibentuk pada apa yang disebut dekomposisi air, tetapi hanya dalam kuantitas-kuantitas kecil. Sama sekali tidak ada dasarnya untuk menganggap bahwa dalam kasus tersebut, panas lokal paling dulu diproduksi oleh asal-usul (origin) dan kemudian oleh dekomposisi sesuatu kuantitas besar dari kedua senyawa tersebut di atas. Kita tidak mengetahui panas pembentukan ozone

(O₃) dari atom-atom oksigen *bebas*. Menurut Berthelot panas pembentukan hidrogen peroksida dari H₂O (cairan) + O = 21.480; asal-usul senyawa ini dalam suatu jumlah besar, karenanya, akan melahirkan suatu kelebihan energi yang sangat besar (kira-kira 30% dari energi yang diperlukan bagi pemisahan H₂ dan O), yang tidak bisa lain kecuali nyata dan dapat dibuktikan. Akhirnya, ozon dan hidrogen peroksida hanya akan memperhitungkan oksigen (kecuali dari pembalikan-pembalikan arus, di mana kedua-dua gas akan berkumpul pada elektrode yang sama), tetapi hidrogen tidak. Namun begitu, yang tersebut belakangan itu juga lolos dalam suatu keadaan "aktif," sedemikian rupa sehingga di dalam kombinasi: larutan potasium nitrat di antara elektrode-elektrode platinum, ia secara langsung berpadu dengan nitrogen yang pecah dari asam untuk membentuk amonia.

Sesungguhnya semua kesulitan dan keraguan ini tidak ada. Proses elektrolitik tidak memonopoli pemecahan benda-benda "dalam suatu keadaan aktif." Setiap dekomposisi kimiawi melakukan hal yang sama. Ia memecahkan unsur kimia yang dibebaskan, pertama-tama dalam bentuk atom-atom bebas O, H, N, dsb. yang hanya setelah pembebasannya dapat menyatu untuk membentuk molekul-molekul, O₂, H₂, N₂, dsb., dan dengan menyatu seperti itu melepaskan suatu kuantitas energi tertentu yang hingga kini belum dipastikan, yang muncul sebagai panas. Tetapi selama saat yang luar biasa singkatnya ketika atom-atom itu bebas, mereka menjadi pembawa-pembawa total kuantitas energi yang memang sepenuhnya dapat mereka angkat; sedangkan dengan memiliki energi maksimal mereka itu, mereka bebas untuk memasuki sesuatu kombinasi (apapun) yang ditawarkan kepada mereka. Dengan begitu mereka berada "dalam suatu keadaan aktif" jika dibandingkan dengan molekul-molekul O₂, H₂, N₂, yang sudah menyerahkan sebagian dari energi ini dan tidak dapat berkombinasi dengan unsur-unsur lain tanpa kuantitas energi yang diserahkan itu disuplai kembali dari luar. Karenanya kita tidak perlu hanya lari pada ozon dan hidrogen peroksida, yang sendiri cuma produk-produk dari keadaan aktif ini. Misalnya, kita dapat melakukan pembentukan amonia tersebut di atas dengan elektrolisis potasium nitrat bahkan tanpa sebuah baterai, semata-mata dengan jalan-jalan kimiawi, dengan menambahkan asam nitrik atau larutan

nitrat pada suatu cairan di mana hidrogen telah dibebaskan dengan suatu proses kimiawi. Dalam kedua-dua kasus, keadaan aktif hidrogen adalah sama. Tetapi hal yang menarik mengenai proses elektrolitik ialah, bahwa di sini keberadaan sementara dari atom-atom bebas menjadi seakan-akan ia itu nyata. Proses itu di sini dibagi dalam dua tahap: elektrolisis itu memberikan atom-atom bebas pada elektrode-elektrode, tetapi kombinasi mereka untuk membentuk molekul-molekul terjadi pada sesuatu jarak tertentu dari elektrode-elektrode itu. Betapapun tak-terhingga kecilnya jarak itu jika dibandingkan dengan ukuran-ukuran yang berkaitan dengan massa-massa, ia sudah cukup untuk menghalangi energi yang dibebaskan pada pembentukan molekul-molekul itu dipakai bagi proses elektrik itu, setidak-tidaknya untuk bagian terbesar, dan dengan begitu menentukan peru-bahannya menjadi panas--panas lokal di dalam baterai itu. Tetapi adalah dikarenakan ini ditegakkan kenyataan bahwa unsur-unsur itu telah dipecahkan sebagai atom-atom bebas dan untuk sesaat telah berada di dalam baterai itu sebagai atom-atom bebas. Kenyataan ini, yang dalam ilmu-kimia murni hanya dapat dibuktikan secara eksperimental, sejauh hal ini dimungkinkan tanpa penangkapan indrawi akan atom-atom dan molekul-molekul itu sendiri. Di sinilah letak arti-penting ilmiah yang sangat tinggi mengenai apa yang dinamakan panas lokal dari baterai itu.

Pengubahan energi kimiawi menjadi listrik dengan jalan sebuah baterai adalah suatu proses yang mengenainya kita tidak mengetahui banyak, dan kita hanya akan menjadi lebih mengakrabinya jika *modus operandi* gerak elektrik itu sendiri lebih kita ketahui.

Baterai itu dianggap asalnya suatu "daya pemisah elektrik" yang diberikan pada setiap baterai sendiri-sendiri. Sebagaimana telah kita ketahui dari semula, Wiedemann mengakui bahwa daya pemisah elektrik ini bukan suatu bentuk energi tertentu. Sebaliknya, ia tidak lebih daripada kapasitas, sifat, dari sebuah baterai untuk mengubah suatu kuantitas tertentu energi kimiawi yang dibebaskan menjadi listrik dalam satuan waktu. Dalam seluruh proses itu, energi kimia itu sendiri tidak pernah mengambil bentuk suatu "daya pemisah

elektrik," melainkan, sebaliknya, segera dan seketika mengambil bentuk apa yang disebut "daya elektro-motive," yaitu, gerak elektrik. Jika dalam kehidupan keseharian kita berbicara mengenai daya sebuah mesin-uap dalam pengertian bahwa ia mampu dalam satuan waktu meng-ubah suatu kuantitas panas tertentu menjadi gerak massa-massa, ini bukanlah alasan untuk juga memasukkan kekacauan ide yang sama ke dalam pikiran ilmiah. Kita sama saja berbicara mengenai daya yang berbeda-beda dari sebuah pistol, sebuah senapan karabin, semua senapan berlaras mulus, dan sebuah bedil, karena, dengan isi mesiu dan proyektil-proyektil yang sama beratnya, mereka berjarak tembak berbeda-beda pula. Tetapi, di sini kesalahan ungkapan itu jelas sekali. Semua orang mengetahui bahwa penyalaan muatan mesiu itulah yang melesatkan peluru, dan bahwa jarak-tembak yang berbeda-beda dari senjata itu hanya ditentukan oleh lebih besar atau lebih kecil hilangnya energi menurut panjang laras, peluncuran peluru,⁸⁴) dan bentuk dari peluru itu. Tetapi halnya sama bagi daya uap dan bagi daya pemisah elektrik itu. Dua buah mesin-uap-- dengan kondisi-kondisi lainnya sama, yaitu, dengan mengandaikan kuantitas energi yang dibebaskan dalam periode-periode waktu yang sama adalah sama dalam kedua-duanya--atau dua buah baterai galvanik di mana yang di atas ini juga berlaku, berbeda dalam hal performa/pelaksanaan kerja hanya dikarenakan lebih besar atau lebih kecil hilangnya energi. Dan apabila hingga sekarang semua tentera telah mampu mengembangkan teknik persenjataan tanpa asumsi suatu daya tembak senjata-senjata khusus, maka ilmu pengetahuan mengenai listrik sama sekali tidak beralasan untuk mengandaikan suatu "daya pemisah elektrik" yang analog dengan daya tembak ini, suatu daya yang sama-sekali tidak mewujudkan energi dan karenanya dari sendiri-nya tidak dapat melaksanakan se-per-juta miligram milimeter kerja.

Yang sama berlaku pula bagi bentuk kedua dari "daya pemisah elektrik" ini, "daya kontak elektrik logam-logam" yang disebut oleh Helmholtz. Tidak lain dan tidak bukan adalah sifat logam-logam untuk mengubah, pada kontak mereka, energi bentuk lain yang ada menjadi listrik. Karenanya ia juga suatu daya yang tidak mengandung satupun partikel energi. Jika bersama Wiedemann kita

mengandaikan bahwa sumber energi kontak listrik terletak dalam vis viva gerak adhesi, maka energi ini pertama-tama sekali terdapat dalam bentuk gerak massa ini dan pada saat menghilangnya, seketika berubah menjadi gerak elektrik, bahkan tanpa sesaatpun mengambil bentuk suatu "daya kontak elektrik." Dan kini telah tambah dipastikan bahwa daya elektro-motive, yaitu energi kimiawi, yang muncul kembali sebagai gerak elektrik adalah proporsional dengan "daya pemisah elektrik" ini, yang tidak saja tidak mengandung energi, melainkan karena konsepsinya sendiri, sama sekali *tidak dapat* mengandungnya! Proporsionalitas ini, di antara non-energi dan energi jelas termasuk pada matematika sama seperti yang tampil sebagai rasio satuan listrik pada miligram. Tetapi bentuk absurd itu, yang keberadaannya hanya disebabkan oleh konsepsi mengenai suatu sifat sederhana sebagai suatu daya mistikal, menyembunyikan suatu tautologi (pengulangan kata tanpa tambahan penjelasan) yang sederhana sekali: kapasitas sebuah baterai tertentu untuk meng-ubah energi kimiawi menjadi listrik diukur--dengan apa? Dengan kuantitas energi yang muncul kembali di dalam sirkuit tertutup sebagai listrik dalam hubungannya dengan energi kimiawi yang dikonsumsi di dalam baterai. Itu saja.

Untuk sampai pada suatu daya pemisah elektrik, haruslah secara serius memandang alat darurat kedua cairan elektrik itu. Untuk mengubah itu dari netralitas mereka menjadi polaritas mereka, jadi, untuk memecah/memisahkan mereka, diperlukan suatu pengeluaran energi tertentu--yaitu daya pemisah elektrik. Begitu dipisahkan, kedua listrik itu dapat, setelah disatukan, kembali mengeluarkan kuantitas energi yang sama--daya elektro-motive. Tetapi, karena dewasa ini tidak seorangpun, bahkan juga tidak Wiedemann, memandang kedua listrik itu sebagai memiliki suatu keberadaan nyata, maka itu berarti bahwa orang menulis untuk suatu khalayak yang tiada ada/tiada berfungsi jika seseorang secara berkepanjangan mempersoalkan suatu pandangan seperti itu.

Kesalahan dasar dari teori kontak terdiri atas kenyataan bahwa ia tidak dapat memisahkan diri dari ide bahwa daya kontak atau daya pemisah elektrik adalah suatu *sumber energi*, yang sudah tentu menyulitkan apabila sekedar sifat sebuah aparat untuk melahirkan

transformasi energi telah diubah menjadi suatu *daya*; karena sebenarnya, mestinya suatu *daya* itu justru merupakan suatu bentuk energi tertentu. Karena Wiedemann tidak dapat melepaskan diri dari faham yang tidak jelas mengenai daya ini, walaupun berdampingan dengan itu ide-ide modern mengenai energi yang tidak dapat dihancurkan dan tidak dapat diciptakan telah dipaksakan pada dirinya, ia terjerumus ke dalam penjelasan nonsensikal no.1 itu, mengenai arus, dan ke dalam semua kontradiksi yang kemudian dibuktikan itu.

Apabila ungkapan "daya pemisah elektrik" secara langsung bertentangan dengan nalar, "daya elektro-motive" yang lain itu paling tidak adalah berlebih-lebihan. Lama sebelum motor-motor elektro sudah kita punyai mesin-mesin panas, namun begitu teori mengenai panas telah dikembangkan dengan baik sekali tanpa suatupun daya thermo-motor istimewa. Tepat sebagaimana ungkapan sederhana panas mencakup semua gejala gerak yang tergolong pada bentuk energi ini, demikian juga ungkapan listrik di bidangnya sendiri. Lagi pula, sangat banyaknya bentuk aksi listrik sama sekali tidaklah secara langsung motor: magnetisasi besi, dekomposisi kimiawi, pengubahan menjadi panas. Dan akhirnya, dalam setiap ilmu pengetahuan alam, bahkan dalam ilmu mekanika, selalu adalah suatu kemajuan jika kata daya dapat dihapuskan /disingkirkan.

Kita melihat bahwa Wiedemann tidak menerima penjelasan kimiawi dari proses-proses di dalam baterai tanpa suatu keengganan tertentu. Keengganan ini terus-menerus menyerang dirinya; di mana ia dapat melemparkan kesalahan segala sesuatu pada yang disebut teori kimia, itu pastilah terjadi/dilakukannya. Demikianlah,

"sama sekali tidak dibuktikan, bahwa daya elektro-motive adalahn proporsional dengan intensitas aksi kimiawi." (I, hal. 791.)

Memang tidak dalam setiap kasus; tetapi di mana proporsionalitas ini tidak terjadi, itu hanyalah suatu bukti bahwa baterai itu telah dibangun secara buruk sekali, bahwa hilangnya energi telah terjadi di dalamnya. Dengan alasan itu Wiedemann benar sekali untuk tidak memberikan perhatian sedikitpun di dalam deduksi-deduksi

teoretikalnya pada keadaan-keadaan subsider seperti itu, yang memalsukan kemurnian proses itu, tetapi dengan cuma memastikan pada kita bahwa daya elektro-motive sebuah sel adalah sama dengan ekuivalen mekanikal suatu aksi kimiawi yang terjadi di dalamnya dalam satuan waktu dengan satuan intensitas arus itu.

Dalam suatu pasase lain kita membaca:

"Bahwa selanjutnya, di dalam baterai asam-alkali, kombinasi asam dan alkali bukanlah penyebab pembentukan arus adalah hasil dari eksperimen-eksperimen paragraf 61 (Becquerel dan Fechner), paragraf 260 (Du-Bois-Reymond), dan paragraf 261 (Worm-Müller), yang menurutnya, dalam kasus-kasus tertentu, apabila ini terdapat dalam kuantitas-kuantitas sama, tiada arus yang muncul, dan demikian pula dari eksperimen (Henrici) yang disebut dalam paragraf 62, bahwa pada penyisipan suatu larutan potasium nitrat di antara potasium hidroksida dan asam nitrik, daya elektro-motive muncul secara sama seperti tanpa penyisipan ini." (I, hal. 791.)

Pertanyaan apakah kombinasi asam dan alkali merupakan sebab pembentukan arus adalah suatu masalah yang menjadi perhatian sangat serius bagi pengarang kita. Diajukan dalam bentuk ini ia sangat mudah dijawab. Kombinasi asam dan alkali pertama-tama sekali/terutama sekali adalah sebab dibentuknya suatu garam dengan pembebasan energi. Apakah energi ini seluruhnya atau sebagian mengambil bentuk listrik tergantung pada keadaan-keadaan bagaimana ia dibebaskan. Misalnya, di dalam baterai: asam nitrik dan potasium hidroksida antara elektrode-elektrode platinum, ini sekurang-kurangnya untuk sebagian adalah yang terjadi, dan adalah suatu masalah yang tiada berarti bagi pembentukan arus itu apakah suatu larutan potasium nitrat disisipkan di antara asam dan alkali itu atau tidak, karena ini paling-paling cuma memperlambat pembentukan garam itu, tetapi tidak dapat menghalanginya. Namun, apabila sebuah baterai dibentuk seperti yang dari Worm-Müller, yang selalu menjadi acuan Wiedemann, di mana larutan-larutan asam dan alkali berada di tengahnya, tetapi suatu larutan garam mereka pada kedua ujungnya, dan dalam konsentrasi sama seperti larutan yang dibentuk di dalam baterai, maka jelaslah bahwa tidak akan lahir arus, karena oleh anggota-anggota ujung itu--karena di mana-mana benda-benda identikal terbentuk--tiada ion-ion yang diproduksi. Maka itu pengubahan energi bebas menjadi listrik telah dicegah secara sama langsungnya seperti jika sirkuit itu sama

sekali tidak ditutup; karena itu tidak perlu diherankan bahwa tiada arus yang diperoleh. Namun, bahwa asam dan alkali pada umumnya dapat memproduksi suatu arus telah dibuktikan oleh baterai itu: karbon, asam sulfurik (satu bagian dan sepuluh bagian air), potasium hidroksida (satu bagian dalam sepuluh bagian air), karbon, yang menurut Raoult memiliki suatu kekuatan arus 73.****) Dan itu, dengan pengaturan yang cocok dari baterai itu, asam dan alkali dapat memberikan suatu kekuatan arus yang sesuai dengan besarnya kuantitas energi yang dibebaskan pada pengombinasian mereka, tampak dari kenyataan bahwa baterai-baterai yang terkenal paling kuat hampir sepenuhnya bergantung pada pembentukan garam-garam alkali, misalnya, yang dari Wheatstone: platinum, klorida platinik, amalgam potasium -- kekuatan arus 230; timah peroksida, larutan asam sulfurik, amalgam potasium = 326; dalam setisap kasus, jika amalgam zinc dipakai sebagai gantinya amalgam potasium, maka kekuatan arus hampir secara presis jatuh dengan 100. Demikian pula di dalam baterai itu: mangan dioksida, larutan potasium permanganate, potasium hidroksida, potasium, Beetz memperoleh kekuatan arus 302; dan selanjutnya: platinum, asam nitrik, potasium hidroksida, amalgam potasium = 302. "Sebab" dari kekuatan-kekuatan arus yang luar biasa tingginya ini jelas adalah kombinasi asam dan alkali, atau alkali logam, dan besarnya kuantitas energi yang dengan itu dibebaskan.

Beberapa halaman kemudian kembali dinyatakan:

"Namun, mesti diperhatikan dengan seksama bahwa kesetaraan dalam kerja seluruh aksi kimiawi yang terjadi di tempat kontak benda-benda heterogen itu tidak boleh secara langsung dipandang sebagai ukuran daya elektromotive di dalam sirkuit tertutup. Manakala, misalnya, di dalam baterai asam-alkali (*iterum Crispinus!*)⁸⁵) dari Becquerel, kedua substansi ini berkombinasi; manakala karbon dikonsumsi di dalam baterai: platinum, potasium nitrat yang dicairkan, karbon; manakala zinc dengan cepat dilarutkan dalam sebuah sel tembaga biasa, zinc tidak murni, larutan asam sulfurik, dengan pembentukan arus-arus lokal, maka sebagian besar kerja diproduksi" (mestinya dibaca: energi dibebaskan) "dalam proses-proses kimiawi ini.....diubah menjadi panas dan dengan demikian hilang bagi sirkuit arus total." (I, hal.798.)

Semua proses ini mesti dirujuk pada hilangnya energi di dalam baterai itu; mereka tidak mempengaruhi kenyataan bahwa gerak elektrik timbul dari energi kimiawi yang ditransformasi.

Para ahli listrik telah mengabdikan sejumlah waktu dan kerepotan yang tiada habisnya untuk mengubah baterai-baterai yang paling beragam dan mengukur "daya elektro-motive" mereka. Bahan eksperimental yang terkumpul mengandung sangat banyak nilai, tetapi jelas masih lebih banyak lagi yang tidak bernilai. Misalnya, apakah nilai ilmiah dari eksperimen-eksperimen di mana "air" dipakai sebagai elektrolit, padahal--sebagaimana kini telah dibuktikan oleh F. Kohlrausch, bahwa air adalah konduktor paling buruk dan karenanya juga elektrolit yang terburuk,*****) dan di mana, karena itu, bukannya air itu tetapi ketidakmurnian-ketidakmurnian yang tidak diketahui yang menyebabkan proses itu? Namun begitu, misalnya, hampir separoh dari semua eksperimen Fechner bergantung pada penggunaan air seperti itu, bahkan "*experimentum crucis*"-nya,86) yang dipakainya untuk membuktikan ketak-terkalahkannya teori kontak di atas reruntuhan teori kimiawi. Sudah jelas dari sini, dalam nyaris semua eksperimen seperti itu, dengan hanya beberapa pengecualian, proses-proses kimiawi di dalam baterai, yang bagaimanapun merupakan sumber dari apa yang dinamakan daya elektro-motive, secara praktikal tetap diabaikan. Namun, terdapat sejumlah baterai yang komposisi kimiawinya tidak memperkenankan sesuatu kesimpulan tertentu apapun ditarik mengenai perubahan-perubahan kimiawi yang berlangsung di dalam baterai- baterai itu manakala sirkuit arusnya ditutup.

Sebaliknya, seperti dikatakan oleh Wiedeman (I, hal.797), "tidak dapat dibantah bahwa kita dalam semua kasus mampu memperoleh suatu pemahaman mengenai tarikan-tarikan kimiawi di dalam baterai itu." Maka itu, dari aspek kimiawi yang semakin penting, semua eksperimen seperti itu tidaklah bernilai kecuali mereka diulangi dengan mengendalikan proses-proses ini.

Dalam eksperimen-eksperimen ini sungguh hanya merupakan suatu pengecualian bahwa transformasi-transformasi energi yang terjadi di dalam baterai itu diperhatikan dengan sungguh-sungguh. Banyak dari antaranya telah dibuat sebelum hukum mengenai ekuivalensi gerak diakui kdi dalam ilmu-pengetahuan alam, tetapi sebagai suatu kebiasaan mereka terus diseret dari buku pelajaran yang satu ke dalam yang lainnya ktanpa diperiksa kembali atau ditun-taskan. Ada dikatakan bahwa listrik tidak memiliki kelembaman (inertia, yang sama saja dengan berkata bahwa kecepatan tidak memiliki suatu

gravitas tertentu), tetapi ini jelas tidak dapat dikatakan mengenai *teori* perlistrikan.

Sejauh ini telah kita pandang sel galvanik sebagai sebuah aparat di mana, sebagai konsekuensi hubungan-hubungan kontak yang diadakan, energi kimiawi dibebaskan secara tertentu untuk waktu yang tidak diketahui, dan diubah menjadi listrik. Demikian pula telah kita uraikan sel elektrolitik sebagai sebuah aparat di mana proses yang sebaliknya dibuat, dengan gerak elektrik diubah menjadi energi kimiawi dan dipakai seperti itu. Dengan melakukan itu kita mesti mengedepankan aspek kimiawi dari proses itu, aspek yang telah begitu diabaikan oleh para ahli listrik, karena ini adalah satu-satunya cara untuk menyingkirkan gundukan pengertian-pengertian yang diwariskan dari teori kontak lama dan dari teori mengenai dua cairan elektrik. Begitu hal ini selesai, pertanyaannya menjadilah: apakah proses kimiawi di dalam baterai terjadi di dalam kondisi-kondisi sama seperti di luarnya, atau apakah gejala-gejala khusus bermunculan secara bergantung pada perangsangan elektrik.

Dalam semua ilmu-pengetahuan, pengertian-pengertian tidak tepat adalah, pada akhirnya, kecuali dari kesalahan-kesalahan pemantauan, pengertian-pengertian salah mengenai fakta yang benar. Yang tersebut belakangan itu tetap saja bahkan apabila yang tersebut duluan telah terbukti palsu adanya. Sekalipun kita telah membuang teori kontak yang lama, fakta yang sudah terbukti tetap saja, yang mengenainya teori ini mestinya menjadi penjelasannya. Mari kita membahas ini dan dengan itu aspek elektrik sesungguhnya dari proses di dalam baterai itu.

Tidak terbantahkan lagi bahwa pada kontak benda-benda heterogen, dengan atau tanpa perubahan-perubahan kimiawi, suatu perangsangan listrik terjadi yang dapat didemonstrasikan dengan sebuah elektroskop atau sebuah galvano-meter. Sebagaimana sudah kita ketahui dari awal, adalah sulit sekali membuktikan dalam suatu kasus khusus sumber energi dari gejala-gejala gerak itu sendiri yang luar biasa kecilnya itu; cukuplah kiranya bahwa keberadaan suatu sumber eksternal seperti itu pada umumnya telah diakui.

Pada tahun-tahun 1850-53, Kohlrausch mengumumkan serangkaian eksperimen di mana ia mengumpulkan berbagai komponen sendiri-sendiri--sepasang-sepasang--dari sebuah baterai dan menguji tegangan listrik statik yang diproduksi pada setiap kasus itu; daya elektro-motive sel itu mestinya tersusun dari jumlah aljabraik tegangan-tegangan ini. Dengan mengambil tegangan $Zn/Cu = 100$, ia memperhitungkan kekuatan-kekuatan relatif dari sel-sel Daniell dan Grove sebagai berikut:

Untuk sel Daniell:

$$Zn/Cu + \text{amalg. Zn}/H_2SO_4 + Cu/SO_4Cu = 100 + 149 - 21 = 228;$$

untuk sel Grove:

$$Zn/Pt + \text{amalg. Zn}/H_2SO_4 + Pt/HNO_3 = 107 + 149 + 149 = 405,$$

yang hampir sesuai dengan pengukuran langsung kekuatan-kekuatan arus sel-sel ini. Namun, hasil-hasil ini sama sekali tidaklah pasti. Pertama-tama, Wiedemann sendiri menunjuk pada fakta bahwa Kohlrausch hanya memberikan hasil akhirnya tetapi malangnya tidak memberikan angka-angka hasil-hasil eksperimen-eksperimen itu secara tersendiri-sendiri.⁸⁷ Kedua, Wiedemann sendiri berulang-kali mengakui bahwa semua poerobahan untuk secara kuantitatif menentukan perangsangan-perangsangan listrik pada kontak logam-logam, dan lebih-lebih lagi pada kontak logam dan cairan, paling tidak adalah sangat tidak pasti dikarenakan banyaknya sumber-sumber kesalahan yang tidak terelakkan. Namun begitu, jika ia berulang-kali menggunakan angka-angka Kohlrausch dalam kalkulasi-kalkulasinya, sebaiknya kita tidak mengikutinya di sini, lebih-lebih karena ada suatu cara penentuan lain yang terbebas dari keberatan-keberatan ini.

Jika kedua lembaran perangsang/penggairah sebuah baterai dicelupkan ke dalam cairan itu dan kemudian digabungkan ke dalam suatu sirkuit tertutup dengan terminal-terminal sebuah galvanometer, maka, menurut Wiedemann, defleksi (pembelokan)-awal jarum magnetiknya, sebelum perubahan-perubahan kimiawi mengubah kekuatan perangsangan elektrik itu, adalah suatu ukuran

dari jumlah daya-daya elektro-motive di dalam sirkuit tertutup itu.⁸⁸) Bateri-bateri dari berbagai kekuatan, karenanya, memberikan defleksi-defleksi awal (initial) dari berbagai kekuatan, dan kebebasan defleksi-defleksi awal ini adalah proporsional dengan kekuatan arus bateri-bateri bersangkutan.

Kelihatannya di sini kita dapatkan secara nyata di depan mata kita "daya pemisah elektrik" itu, "daya kontak" itu, yang menimbulkan gerak secara tidak bergantung pada sesuatu aksi kimiawi apapun. Dan inilah sebenarnya pendapat dari seluruh teori kontak itu. Dalam kenyataannya kita di sini menghadapi suatu hubungan antara perangsangan elektrik dan aksi kimiawi yang belum kita selidiki. Untuk beralih pada subjek ini, pertama-tama sekali akan kita periksa secara lebih teliti apa yang disebut hukum elektro-motive; dalam melakukan ini akan kita temukan juga di sini bahwa pengertian-pengertian (faham) kontak tradisional tidak hanya tidak memberikan penjelasan, melainkan lagi-lagi secara langsung menghalangi jalan bagi sesuatu penjelasan.

Jika ke dalam sesuatu sel yang terdiri atas dua logam dan satu cairan, misalnya, zinc, larutan asam hidroklorik, dan tembaga, dimasukkan satu logam ketiga seperti--misalnya--satu lembaran platinum, tanpa menghubungkannya pada sirkuit eksternal dengan sebuah kawat, maka defleksi awal dari galvano-meter akan tepat sama seperti tanpa lembaran platinum itu. Akibatnya, ia tidak berpengaruh pada perangsangan listrik. Tetapi tidaklah diperkenankan mengungkapkannya hal ini sedemikian sederhana di dalam bahasa elektro-motive. Maka itu orang (akan) membaca:

"Jumlah daya-daya elektro-motive dari zinc dan platinum dan platinum dan tembaga kini menggantikan tempat daya elektro-motive dari zinc dan tembaga di dalam cairan itu. Karena jalan listrik- listrik tidak secara kelihatan diubah oleh penyisipan lembaran platinum itu, maka kita dapat menyimpulkan dari identitas angka-angka galvano-meter dalam kedua kasus itu, bahwa daya elektro-motive zinc dan tembaga adalah setara dengan dari zinc dan platinum ditambah dengan dari platinum dan tembaga di dalam cairan yang sama. Ini akan bersesuaian dengan teori Volta mengenai perangsangan listrik di antara logam-logam itu sendiri. Hasilnya, yang berlaku bagi semua cairan dan logam, dinyatakan di dalam ungkapan: Pada perangsangan elektro-motive mereka oleh cairan-cairan, logam -

logam mengikuti hukum rangkaian voltaik. Hukum ini juga diberi nama *hukum elektro-motive*." (Wiedemann, I, hal. 62.)

Dengan mengatakan bahwa dalam kombinasi ini platinum itu sama sekali tidak bertindak sebagai sebuah perangsang listrik, orang menyatakan yang memang sebuah faktum sederhana. Kalau dikatakan bahwa ia bertindak sebagai sebuah perangsang listrik, tetapi dalam dua arah berlawanan dengan kekuatan sama sehingga efeknya dinetralisasi, maka faktum itu diubah menjadi sebuah hipotesis hanya/semata-mata demi menghormati "*daya elektro-motive*" itu. Dalam kedua kasus itu platinum memainkan peranan sebagai suatu supernumerari (cadangan/pemain figuran)

Selama defleksi pertama masih belum ada sirkuit tertutup. Asam itu, karena tidak di-dekomposisi, tidak berkonduksi; ia hanya dapat berkonduksi lewat ion-ion. Jika logam ketiga tidak mempunyai pengaruh atas defleksi pertama itu, maka hal ini semata-mata karena ia masih *terisolasi*.

Bagaimanakah logam ketiga itu bertingkah-laku *setelah* terbentuknya arus bersinambungan dan selama yang tersebut belakangan ini?

Dalam rangkaian logam-logam voltaik dalam kebanyakan cairan, zinc sesudah logam-logam alkali terletak cukup dekat pada posisi ujung positif dan platinum pada ujung negatif, dengan tembaga berposisi di antara kedua itu. Karenanya, jika platinum diletakkan seperti di atas di antara tembaga dan zinc, maka ia adalah negatif bagi kedua-duanya itu. Seandainya platinum itu mempunyai efek, maka arus di dalam cairan itu seharusnya mengalir pada platinum itu, baik dari zinc maupun dari tembaga, yang pergi/lepas dari kedua elektrode kepada platinum yang tidak dihubungkan itu; yang akan merupakan suatu *contradictio in adjecto*. Kondisi dasar bagi kemanduran berbagai logam berbeda di dalam baterai justru terletak dalam saling-keterkaitan mereka di antara mereka sendiri secara abadi di dalam suatu sirkuit tertutup. Suatu logam berlebih yang tidak-dihubungkan di dalam baterai itu bertindak sebagai sebuah non-konduktor; ia tidak dapat membentuk ion-ion, ataupun memperkenankan mereka untuk lewat melaluinya dan tanpa ion-ion kita tidak mengenal sesuatu konduksi dalam elektrolit-elektrolit. Maka itu bukan sekedar cadangan, ia bahkan menghalang di jalan dengan memaksa ion-ion itu lewat memutarinya.

Hal serupa juga berlaku bila kita menghubungkan zinc dan platinum itu, dengan membiarkan tembaga tidak dihubungkan di tengah-tengah; di sini yang tersebut belakangan, jika memang mempunyai suatu-pun efek, akan memproduksi suatu arus dari zinc dan tembaga itu dan suatu arus lain dari tembaga kepada platinum itu; karenanya ia akan harus bertindak sebagai sejenis elektrode perantara dan melepaskan hidrogen serba-gas di sisi yang menghadap pada zinc itu, yang lagi-lagi adalah suatu kemustahilan.

Jika kita membuang cara pengungkapan elektro-motif yang tradisional itu, maka kasusnya menjadi luar-biasa sederhana. Seperti telah kita ketahui, baterai galvanik adalah sebuah aparat di mana energi kimiawi dibebaskan dan ditransformasi menjadi listrik. Ia lazimnya terdiri atas satu atau lebih cairan dan dua logam sebagai elektrode, yang mesti dihubungkan jadi satu dengan sebuah konduktor di luar cairan-cairan itu. Itulah yang menjadi aparat itu. Apapun lainnya yang dicelupkan ke dalam cairan perangsang itu secara tidak-terhubung, apakah itu logam, kaca, resin atau apa saja lainnya, tidak dapat berpartisipasi di dalam proses kimia-elektrik yang terjadi di dalam baterai itu, di dalam pembentukan arus, selama cairan itu tidak diubah secara kimiawi olehnya; ia paling-paling menghambat/menghalangi proses itu. Apapun hubungannya kapasitas untuk merangsang listrik yang dimiliki suatu logam ketiga yang dicelupkan di dalam cairan itu dengan cairan atau dengan satu atau kedua elektrode di dalam baterai itu, ia tidak mempunyai pengaruh apapun selama logam ini tidak dihubungkan dengan sirkuit tertutup di luar cairan itu.

Konsekuensinya, tidak saja *derivasi* Wiedemann, sebagaimana yang diberikan di atas, mengenai apa yang dinamakan hukum elektro-motive itu palsu adanya, tetapi interpretasi yang diberikannya mengenai hukum itu juga palsu. Orang tidak dapat berbicara mengenai suatu kegiatan elektro-motive yang bersifat kompensasi dari logam yang tidak-dihubungkan itu, karena satu-satunya kondisi bagi aktivitas seperti itu telah terpotong dari awalnya; juga tidak dapatlah yang dinamakan hukum elektro-motive itu disimpulkan dari satu faktum yang terletak di luar bidang hukum ini.

Pada tahun 1845, Poggendorff tua mengumumkan serangkaian eksperimen di mana ia mengukur daya elektro-motive baterai-baterai yang paling beraneka-ragam, artinya bahwa kuantitas listrik yang disuplai

oleh masing-masingnya di dalam satuan waktu. Dari eksperimen-eksperimen ini, duapuluh-tujuh yang pertama adalah yang bernilai istimewa, yang di dalam masing-masingnya tiga logam tertentu satu-demi-satu dihubungkan di dalam cairan perangsang yang sama dengan tiga baterai berbeda, dan yang tersebut belakangan ini diperiksa dan dibandingkan dalam hal kuantitas listrik yang diproduksi.

Sebagai penganut yang baik dari teori kontak, Poggendorff juga menaruh logam ketiga itu secara tidak-dihubungkan di dalam baterai dalam masing-masing eksperimen dan dengan demikian mendapat kepuasan meyakinkan diri sendiri bahwa dalam kedelapan-puluh-satu baterai itu--kesemuanya--yang ketiga di dalam persekutuan itu,89) tetap merupakan suatu cadangan belaka. Tetapi arti-penting eksperimen-eksperimen ini sama sekali tidaklah terletak dalam faktum ini, melainkan lebih dalam penegasan dan penegakan arti yang tepat dari apa yang disebut hukum elektro-motive itu.

Mari kita bahas rangkaian baterai-bateri di atas, di mana zinc, tembaga dan platinum dihubungkan menjadi satu dalam sepasang- sepasang di dalam larutan azas hidroklorik. Di sini Poggendorff mendapatkan kuantitas-kuantitas listrik yang diproduksi adalah sebagai berikut, dengan angka dari sebuah sel Daniell = 100:

Zinc-tembaga	78.8
Tembaga-platinum	74.3

Total	153.1
Zinc- platinum	153.790)

Dengan demikian, zinc dalam hubungan langsung dengan platinum memproduksi kuantitas listrik yang hampir presis sama seperti zinc-tembaga + tembaga-platinum. Hal serupa terjadi di semua baterai lainnya, apapun cairan-cairan dan logam-logam yang dipakai. Manakala, dari serangkaian logam di dalam cairan perangsang yang sama, baterai-bateri dibentuk sedemikian rupa hingga, menurut rangkaian voltaik yang berlaku bagi cairan ini, yang kedua, ketiga, keempat, dsb., secara berturut-turut dipakai sebagai elektrode-elektrode negatif bagi yang menyusul berikutnya, maka jumlah kuantitas-kuantitas listrik yang diproduksi oleh semua baterai itu adalah

sama dengan kuantitas listrik yang diproduksi oleh satu baterai yang dibentuk langsung di antara kedua anggota ujung dari seluruh rangkaian metalik itu. Misalnya, di dalam larutan asam hidroklorik jumlah-total kuantitas-kuantitas listrik yang diproduksi oleh baterai-bateri zinc-timah, timah-besi, besi-tembaga, tembaga-perak, dan perak-platinum, akan sama dengan yang diproduksi oleh baterai: zinc-platinum. Sebuah ongkongan yang terbentuk dari semua sel rangkaian tersebut di atas akan, dengan segala lainnya sama, secara tepat dinetralisasi oleh pemasukan sebuah sel zinc-platinum dengan satu arus dari arah berlawanan.

Dalam bentuk ini, yang dinamakan hukum elektro-motive mempunyai suatu arti-penting yang nyata dan sangat besar. Ia mengungkapkan suatu aspek baru dari inter-koneksi antara aksi kimiawi dan elektrik. Hingga kini, dalam terutama meneliti _sumber_ energi arus galvanik, sumber ini, yaitu perubahan kimiawi, muncul sebagai sisi aktif dari proses itu; listrik itu diproduksi darinya dan karenanya terutama tampil sebagai pasif adanya. Kini hal ini dibalikkan. Perangsangan elektrik yang ditentukan oleh susunan benda-benda heterogen itu dihubungkan (kontak) di dalam baterai tidak dapat menambah energi maupun mengurangi energi dari aksi kimiawi itu (kecuali dengan perubahan energi yang dibebaskan menjadi listrik). Namun, ia dapat--sesuai dengan dari apa baterai itu dibuat--mempercepat atau memperlambat aksi ini. Jika baterai itu zinc-larutan hidroklorik asam-platinum, maka ini dalam peristilahan kimiawi berarti bahwa baterai pertama memproduksi dalam satuan waktu hanyalah setengahnya zinc kloride dan hidrogen seperti yang kedua. *Maka aksi kimiawi itu telah dilipat-gandakan, sekalipun kondisi-kondisi yang murni telah tetap sama saja.* Perangsangan elektrik telah menjadi pengatur aksi kimiawi itu; ia kini tampil sebagai sisi yang aktif, dan aksi kimiawi itu sebagai sisi yang pasif.

Demikianlah, menjadi dapat dimengerti bahwa sejumlah proses yang sedianya dianggap sebagai semurnya kimiawi kini muncul sebagai elektro-kimiawi. Zinc yang secara kimiawi murni sama sekali tidak diserang oleh larutan asam, atau hanya secara lemah sekali; zinc biasa yang diperdagangkan, di lain pihak, dengan cepat larut dengan pembentuk suatu garam dan produksi hidrogen; ia mengandung suatu campuran dari logam-logam lain dan karbon, yang masing-masing muncul dalam jumlah-jumlah tidak sama di berbagai tempat

permukaannya. Arus-arus lokal telah terbentuk di dalam asam di antaranya dan zinc itu sendiri, daerah-daerah zing merupakan elektrode-elektrode positif dan logam-logam lain elektrode-elektrode negatif, yang juga melepaskan gelembung-gelembung hidrogen. Demikian pula gejala ketika besi dicelupkan ke dalam suatu larutan tembaga-sulfat menjadi ditutupi dengan selapisan tembaga kini diketahui adalah suatu gejala elektro-kimiawi, yang ditentukan oleh arus-arus yang timbul di antara daerah-daerah heterogen dari permukaan besi itu.

Bersesuaian dengan ini kita juga mendapatkan bahwa rangkaian voltaik dari logam-logam di dalam cairan-cairan secara menyeluruh cocok dengan rangkaian-rangkaian di mana logam-logam saling menggantikan satu sama lain dari senyawa-senyawa mereka dengan halogen-halogen dan radikal-radikal asam. Pada ujung ekstrem negatif rangkaian-rangkaian voltaik secara teratur kita dapat logam-logam dari kelompok emas: emas, platinum, palladium, hodium, yang sulit beroksidasi, hanya sedikit atau sama sekali tidak diserang oleh asam-asam, dan yang dengan mudah diendapkan dari garam-garamnya oleh logam-logam lain. Pada ujung ekstrem positif terdapatlah logam-logam alkali, yang justru memperagakan kelakuan sebaliknya: mereka nyaris tidak dipisahkan/dipecahkan dari oksida-oksida mereka bahkan dengan pengeluaran energi yang sebesar-besarnya; mereka terjadi di alam nyaris khususnya dalam bentuk garam-garam, dan dari semua logam mereka mempunyai afinitas yang paling besar sekali bagi halogen-halogen dan radikal-radikal asam. Di antara keduanya ini adalah logam-logam lainnya dalam urutan yang kagak beragam/berbeda-beda, namun sedemikian rupa hingga secara keseluruhan kelakuan elektrikal dan kimiawi itu bersesuaian satu sama lainnya. Urutan anggota-anggota yang tersendiri-sendiri itu bervariasi menurut cairan-cairan dan sulit dikatakan bahwa hal ini telah dibuktikan secara final bagi satupun cairan tunggal. Bahkan boleh disangsikan apakah terdapat suatu rangkaian voltaik mutlak dari logam-logam itu bagi satu cairan tunggal. Dengan baterai-baterai dan sel-sel elektrolitik tertentu yang cocok, dua potong logam yang sama dapat secara berurutan bertindak sebagai elektrode-elektrode positif dan negatif, karenanya logam yang sama itu dapat bersifat positif maupun negatif terhadap dirinya sendiri. Dalam sel-sel thermo yang mengubah panas menjadi listrik, dengan perbedaan-perbedaan suhu yang besar

pada kedua sambungannya, arah arus itu dibalikkan; logam yang semula positif menjadi negatif dan *vice versa*. Demikian pula, tidak terdapat rangkaian-rangkaian mutlak dengan mana logam-logam saling menggantikan satu sama lainnya dari senyawa-senyawa kimiawi mereka dengan suatu halogen atau radikal asam tertentu; dalam banyak kasus dengan suplai energi dalam bentuk panas kita hampir selalu dapat menurut kemauan kita mengubah dan membalikkan rangkaian-rangkaian yang berlaku bagi suhu-suhu biasa.

Karenanya di sini kita mendapatkan suatu interaksi khas di antara kimia-isme dan kelistrikan. Aksi kimiawi di dalam baterai itu, yang memberikan listrik dengan energi total bagi pembentukan arus, dalam banyak kasus terlebih dulu dioperasikan, dan dalam semua kasus diatur secara kuantitatif, oleh tegangan-tegangan elektrik yang dikembangkan di dalam baterai itu. Jika sebelumnya, proses-proses di dalam baterai itu kelihatan kimia-elektikal sifatnya, di sini kita melihat bahwa mereka adalah juga sangat elektro-kimiawi sifatnya. Dari sudut pandang pembentukan arus *bersinambungan*, aksi kimiawi tampaknya bersifat primer; dari sudut pandang *perangsangan* arus ia tampak sekunder dan pelengkap saja. Aksi timbal-balik memustahilkan suatu keprimeran mutlak atau kesekonderan mutlak; tetapi adalah suatu proses bersegi-rangkap yang dari sifatnya sendiri dapat dipandang dari dua sudut berbeda; dimengerti dalam totalitasnya, bahkan mesti berturut-turut diselidiki dari kedua sudut, sebelum hasil total dapat dicapai. Namun, jika kita secara memihak menganut satu pendirian (sudut pandang) sebabai yang mutlak dibandingkan dengan yang lainnya, atau jika kita secara sewenang-wenang melompat dari yang satu pada yang lainnya menurut kebutuhan-kebutuhan sesaat argumen kita, maka kita akan tetap terperangkap dalam keberat-sebelahan pemikiran metafisikal; keterkaitan-keterkaitan antaranya terlupakan oleh kita dan kita menjadi terlibat dalam satu kontradiksi ke kontradiksi lainnya.

Di atas telah kita ketahui bahwa, menurut Wiedemann, defleksi awal galvano-meter, segera setelah mencelupkan lembaran-lembaran perangsang ke dalam cairan baterai dan sebelum perubahan-perubahan kimiawi telah mengubah kekuatan perangsangan elektrik itu, "adalah suatu ukuran dari jumlah daya-daya elektro-motive di dalam sirkuit tertutup itu."

Sejauh ini kita telah berkenalan dengan yang disebut daya elektromotive itu sebagai suatu bentuk energi, yang dalam kasus kita telah diproduksi dalam suatu jumlah sama/setara dari energi kimiawi, dan yang dalam jalan proses selanjutnya menjadi diubah kembali menjadi kuantitas-kuantitas panas, gerak massa dsb., yang setara. Di sini kita segera mengetahui bahwa "jumlah daya-daya elektro-motif di dalam sirkuit tertutup" sudah ada *sebelum* energi ini dibebaskan oleh perubahan-perubahan kimiawi; dengan kata-kata lain, bahwa daya elektromotive itu tidak lain adalah kapasitas sebuah baterai tertentu untuk membebaskan suatu kuantitas tertentu dari energi kimiawi dalam satuan waktu dan mengubahnya menjadi gerak elektrik. Seperti sebelumnya, dalam kasus daya pemisah elektrik, demikian pula di sini daya elektromotive tampil sebagai suatu daya yang tidak mengandung sepercikan-pun energi. Konsekuensinya, dengan "daya elektromotive" Wiedemann mengartikan dua hal yang sama sekali berbeda: di satu pihak, kapasitas dari sebuah baterai untuk membebaskan sejumlah tertentu energi kimiawi tertentu dan mengubahnya menjadi gerak elektrik, dan, di pihak lain, kuantitas gerak elektrik yang dikembangkan itu sendiri. Kenyataan bahwa keduanya itu adalah proporsional, bahwa yang satu adalah ukuran bagi yang lainnya, tidak menyingkirkan perbedaan di antara mereka. Aksi kimiawi di dalam baterai, kuantitas listrik yang dikembangkan, dan panas di dalam sirkuit yang didapatkan darinya, apabila tiada lain kerja yang dilaksanakan, bahkan lebih daripada proporsional, mereka bahkan setara; tetapi itu tidak menyingkirkan perbedaan di antara mereka. Kapasitas sebuah mesin-uap dengan sebuah bor dan piston silinder tertentu untuk memproduksi sejumlah gerak mekanikal tertentu dari panas yang disuplai adalah berbeda sekali dari gerak mekanikal itu sendiri, betapapun proporsionalnya ia adanya dengan yang tersebut belakangan itu. Dan sementara gaya bicara seperti itu dapat ditenggang pada zaman tiada apapun yang dikatakan dalam ilmu alam mengenai konservasi energi, namun jelaslah bahwa sejak pengakuan hukum dasar ini tidak dibolehkan untuk mengacaukan energi yang aktif benar-benar dalam bentuk apapun dengan kapasitas sesuatu aparat untuk menimbulkan bentuk energi yang sedang dibebaskan ini. Kekacauan ini adalah suatu akibat wajar dari kekacauan mengenai daya dan energi dalam kasus daya pemisah elektrik; kedua kekacauan ini memberikan suatu latar-belakang yang serasi bagi tiga penjelasan Wiedemann yang saling bertentang-

tentangan mengenai arus, dan pada tingkat terakhir menjadi dasar umumnya bagi semua kesalahan dan kekacauannya mengenai yang disebut "daya elektro-motive."

Di samping interaksi khas yang dibahas di atas di antara kimia-isme dan listrik, juga terdapat hal kedua yang merupakan kesamaan mereka, yang juga menandakan suatu pertautan lebih dekat antara kedua bentuk gerak ini. Kedua-duanya hanya dapat ada selagi mereka *menghilang*. Proses-proses kimiawi berlangsung secara tiba-tiba bagi setiap kelompok atom yang mengalami/menjalaninya. Ia dapat diperpanjang hanya dengan kehadiran bahan baru yang secara terus-menerus memasukinya. Hal serupa berlaku bagi gerak elektrik. Baru saja ia diproduksi dari sesuatu bentuk gerak lain, seketika itu juga ia kembali diubah menjadi suatu bentuk ketiga; hanya tersedianya energi secara terus-menerus dapat memproduksi arus bersinambungan, di mana jumlah-jumlah gerak baru (*Bewegungsmengen*) pada setiap saat mengambil bentuk listrik dan hilang/kehilangan itu lagi.

Suatu wawasan/pengetahuan mengenai eratnya keterkaitan kimiawi ini dengan aksi elektrik dan *vice versa* akan membawa pada hasil-hasil penting sekali di kedua bidang penelitian ini. Pengetahuan seperti itu sudah semakin meluas. Di kalangan para ahli kimia, Lothar Meyer, dan setelah ia Kekulé, telah dengan tegas menyatakan bahwa suatu kelahiran-kembali teori elektro-kimiawio dalam bentuk yang diremajakan sedang di depan mata. Juga di antara para ahli listrik, seperti khususnya ditandakan oleh karya-karya terbaru F. Kohlrausch, keyakinan pada akhirnya tampak semakin kuat bahwa hanya perhatian eksak pada proses-proses kimiawi di dalam baterai dan sel elektrolitik yang kdadapt membuat ilmu mereka bangkit/keluar dari jalan buntu tradisi-tradisi lama.

Dan sebenarnya, seseorang tidak mengetahui bagaimana suatu landasan yang kokoh dapat diberikan kepada teori galvanisme dan yang kedua kepada teori mengenai magnetisme dan listrik statik, kecuali dengan suatu revisi total yang eksak kimiawi atas semua eksperimen tradisional yang tidak terkontrol yang telah dilakukan dari satu sudut-pandangan ilmiah yang sudah ketinggalan zaman, dengan perhatian istimewa untuk membuktikan transformasi-transformasi energi dan penolakan pendahuluan terhadap semua pengertian teoretikal tradisional mengenai listrik.

Catatan:

*) Aku menggunakan istilah "listrik" dalam arti gerak elektrik dengan alasan/pembenaran sama sebagaimana/bahwa istilah umum "panas" dipakai untuk mengungkapkan bentuk gerak yang diterima oleh indera-indera kita sebagai panas. Ini tidak begitu rentan terhadap keberatan-keberatan karena di sini setiap kemungkinan kekacauan/kekaburan dengan keadaan *tegangan* listrik dengan segera dimustahilkan lebih dulu.

**) F. Kohlrausch baru-baru ini memperhitungkan (Wiedemanns Annalen, VI {Leipzig 1879}, hal.206) bahwa "daya-daya yang luar-biasa besar-nya" diperlukan untuk memacu ion-ion itu melalui bahan larutan air. Agar satu miligram bergerak menempuh suatu jarak satu milimeter memerlukan suatu daya tarikan yang bagi H=32.500 kg., bagi Cl=5.200 kg., dan karenanya bagi HCl=37.700 kg.-- Bahkan apabila angka-angka ini sepenuhnya benar, mereka tidak mempengaruhi yang dikatakan di atas itu. Tetapi kalkulasi itu mengandung faktor-faktor hipotetikal yang hingga kini tidak terelakkan di bidang listrik dan karenanya memerlukan kontrol lewat eksperimen. Kontrol seperti itu tampaknya mungkin. Pertama-tama, "daya-daya yang luar biasa besarnya" ini mesti muncul kembali sebagai kuantitas panas tertentu di tempat di mana mereka itu dikonsumsi, yaitu, di dalam kasus di atas ialah di dalam baterai itu. Kedua, energi yang dikonsumsi oleh mereka itu mesti lebih sedikit daripada yang disuplai oleh proses-proses kimiawi baterai itu, dan harus ada suatu perbedaan tertentu. Ketiga, perbedaan ini mesti dihabiskan dalam selebihnya sirkuit tertutup itu dan juga secara kuantitatif dapat dibuktikan di sini. Hanya setelah konfirmasi oleh kontrol ini angka-angka di atas dapat dipandang sebagai final adanya. Demonstrasi di dalam sel elektrolitik tampaknya masih lebih rentan realisasi.

***)) Dapat dicatat secara tuntas di sini bahwa Wiedemann sepenuhnya menggunakan nilai-nilai ekuivalen kimiawi lama, menuliskan HO, ZnCl, dsb. Dalam ekuasi-ekuasi, berat-berat atomik modern yang dipakai, menuliskan, karenanya, H²O, ZnCl², dsb.

****)) Dalam semua data berikutnya mengenai kekuatan arus, sel Daniell ditetapkan = 100.

*****)) Suatu kolom air paling murni yang dipersiapkan oleh Kohlrausch, dengan panjang 1 mm melakukan perlawanan yang sama seperti sebuah konduktor tembaga dengan diameter sama dan suatu kepanjangan yang mendekati orbit bulan.(Naumann, Allgemeine Chemie, S.729.)

PERANAN YANG DIMAINKAN KERJA DALAM PERALIHAN DARI KERA PADA MANUSIA

Kerja adalah sumber segala kekayaan, demikian dinyatakan oleh para ahli ekonomi-politik. Inilah--di samping alam, yang membekalinya dengan material, yang diubahnya menjadi kekayaan. Tetapi ia secara tidak-terhingga juga lebih daripada ini. Ia adalah kondisi dasar utama bagi semua keberadaan manusia, dan ini hingga batas sedemikian rupa sehingga, dalam arti tertentu mengharuskan kita berkata: kerja itu sendiri yang menciptakan manusia.

Beratus-ribu tahun yang lalu, selama suatu kurun zaman yang belum dapat secara pasti ditentukan, dari masa sejarah bumi yang oleh para ahli geologi disebut periode Tertiar, mungkin sekali menjelang akhir periode itu, suatu bangsa kera antropoid yang secara istimewa sangat-berkembang, hidup di sesuatu tempat di wilayah tropikal--boleh jadi di suatu daratan besar yang kini telah tenggelam ke dasar samudera India. Darwin telah memberikan suatu gambaran perkiraan mengenai leluhur kita ini. Mereka sepenuhnya berbulu, mereka berjenggot dan bertelinga runcing, dan mereka hidup dalam gerombolan-gerombolan di pepohonan.

Mungkin sebagai akibat langsung cara hidup mereka, yang dalam memanjat (-pohon) memberikan fungsi-fungsi berbeda pada tangan dan pada kaki, kera-kera ini ketika bergerak di atas tanah rata mulai melepaskan kebiasaan penggunaan tangan-tangan mereka dan mengambil suatu sikap yang semakin lama semakin tegak. Inilah *langkah menentukan di dalam peralihan dari kera pada manusia*.

Semua kera antropoid dewasa ini dapat berdiri tegak dan bergerak di atas kedua kaki mereka saja, namun hanya dalam suatu keadaan darurat dan secara sangat canggung. Sikap alamiah mereka adalah suatu sikap setengah-tegak dan termasuk di situ penggunaan tangan mereka. Mayoritasnya menunjangkan buku-buku kepalan tangan

mereka ke atas tanah dan, dengan kedua kaki mereka terangkat, mengayunkan tubuh mereka melalui lengan-lengan mereka yang panjang, mirip sekali sebagaimana seorang pincang bergerak dengan bantuan penopang-penopang. Pada umumnya, dewasa ini pun kita masih dapat menyaksikan di antara kera-kera semua tahapan peralihan dari berjalan di atas ke-empat anggota badan pada berjalan di atas kedua kaki. Tetapi tiada dari mereka yang menjadikan metode tersebut terakhir itu lebih daripada suatu pengganti sementara.

Sikap tegak di kalangan leluhur kita yang berbulu itu lebih dulu menjadi kebiasaan dan pada waktunya (dengan berlalunya waktu) menjadi suatu keharusan mengisyaratkan bahwa sementara itu kian banyak kegiatan bergantung pada tangan (kedua tangan). Bahkan di kalangan kera sudah berlaku suatu pembagian tertentu dalam penggunaan tangan dan kaki. Yang pertama terutama digunakan untuk mengumpulkan dan memegang makanan, sebagaimana sudah terjadi/berlaku penggunaan cakar-depan di kalangan mamalia rendah. Banyak kera menggunakan kedua tangan mereka untuk membangun sarang-sarang untuk diri mereka sendiri di pepohonan atau bahkan, seperti Orang-Utan, membangun atap-atap di antara cabang-cabang untuk perlindungan terhadap cuaca. Dengan kedua tangan mereka memegang anak-anaknya untuk melindungi diri terhadap musuh, atau membombardir yang tersebut belakangan itu dengan buah-buah dan batu-batu. Dalam keadaan tertangkap, dengan kedua tangan mereka, dilakukannya sejumlah gerakan sederhana yang diturun (ditirukan) dari makhluk manusia. Tetapi justru di sinilah orang melihat betapa lebar jurang antara tangan yang tidak berkembang dari bahkan kera-kera yang paling antropoid dan tangan manusia yang telah sangat disempurnakan oleh kerja selama ratusan ribu tahun. Jumlah dan tatanan umum tulang-tulang dan otot-otot sama pada kedua-duanya; tetapi tangan dari (orang-) biadab terendah dapat melakukan ratusan operasi yang tidak dapat ditirukan oleh tangan kera. Tiada tangan monyet pernah menggubah bahkan pisau dari batu yang paling kasar.

Pertama-tama, sebagai akibat hukum pertalian/hubungan pertumbuhan, sebagaimana Darwin menamakannya. Menurut hukum ini, bentuk-bentuk tertentu dari bagian-bagian individual suatu makhluk organik selalu bersangkutan dengan bentuk-bentuk tertentu bagian-bagian lain yang tampaknya tiada hubungan dengan yang tersebut duluan. Demikianlah semua khewan yang mempunyai sel-sel darah merah tanpa suatu inti sel, dan di mana *occiput* (belakang-kepala) dihubungkan pada vertebra pertama oleh sebuah artikulasi rangkap (*condyles*), juga tanpa kecuali memiliki kelenjar lakteal (susu) untuk menyusui anak mereka. Demikian pula kuku-kuku-terbelah pada mamalia secara teratur dihubungkan dengan pemilikan perut-ganda untuk memamah-biak. Perubahan-perubahan bentuk-bentuk tertentu menyangkut perubahan-perubahan dalam bentuk bagian-bagian lain dari tubuh, sekalipun kita tidak dapat menjelaskan hubungan ini. Kucing-kucing yang putih-sempurna dengan sepasang mata biru selalu, atau nyaris selalu, tuli. Berangsur-angsur semakin sempurnanya tangan manusia, dan perkembangan sejalan dan adaptasi kedua kaki untuk sikap tegak, tak-mustahil juga, disebabkan oleh perkaitan-perkaitannya seperti itu, bereaksi pada bagian-bagian lain dari organisme itu. Namun, aksi ini masih terlalu sedikit diteliti untuk kita dapat melakukan lebih banyak di sini daripada mengemukakan kenyataan itu secara umum-umum saja.

Yang jauh lebih penting adalah reaksi langsung, yang terbukti dari perkembangan tangan atas selebihnya organisme. Seperti yang sudah dikatakan, leluhur kita yang kera itu suka berkumpul-kumpul; jelas sekali tidak mungkin mencari asal (derivasi) manusia, yaitu yang paling sosial dari semua khewan, dari leluhur dekat yang tidak suka berkumpul-kumpul. Penguasaan atas alam, yang dimulai dengan perkembangan tangan, dengan kerja, meluaskan cakrawala manusia pada setiap kemajuan baru. Ia terus-menerus menemukan sifat-sifat baru dari objek-objek alam yang hingga saat itu tidak diketahuinya. Di lain pihak, perkembangan kerja mau-tidak mau membantu semakin mendekatnya anggota-anggota masyarakat satu sama lain dengan menggandakan kasus-kasus saling-dukung-mendukung, kegiatan bersama, dan dengan membikin jelas

keuntungan kegiatan bersama ini bagi setiap individu. Singkatnysa, manusia yang sedang menjadi itu sampai pada titik di mana *ada sesuatu yang mesti mereka katakan* satu sama yang lain. Kebutuhan ini menghasilkan penciptaan organnya; dengan modulasi larinks (pangkal tenggorokan) kera yang belum berkembang itu perlahan-lahan tetapi pasti berubah untuk modulasi yang semakin lebih berkembang lagi, dan organ-organ mulut berangsur-angsur belajar mengucapkan sebuah huruf artikulat menyusul huruf artikulat lainnya.

Perbandingan-perbandingan dengan hewan-hewan membuktikan bahwa penjelasan mengenai asal-usul bahasa ini dari kerja dan bersama dengan kerja adalah satu-satunya penjelasan yang benar. Yang sedikit yang bahkan khewan-khewan yang paling berkembang tinggi mesti saling komunikasikan satu sama lain dapat disampaikan bahkan tanpa ucapan artikulat. Dalam suatu keadaan alamiah, tiada khewan yang terhalang oleh ketidak-mampuannya untuk berbicara atau untuk memahami ucapan manusia. Berbeda sekali apabila khewan itu telah dijinakkan oleh manusia. Anjing dan kuda, dengan pergaulannya dengan manusia, telah mengembangkan pendengaran yang sedemikian baiknya pada ucapan artikulat sehingga mereka dengan mudah belajar mengerti setiap bahasa dalam jangkauan lingkaran ide-ide mereka. Lebih daripada itu, mereka telah memperoleh kemampuan akan perasaan-perasaan, seperti rasa kasih pada manusia, rasa berterima-kasih, dsb., yang sebelumnya asing bagi mereka. Siapa saja yang banyak hubungannya dengan hewan-hewan seperti itu nyaris tidak dapat menghindari keyakinan bahwa terdapat banyak kejadian di mana mereka *kini* merasa ketidak-mampuan mereka untuk bicara sebagai suatu cacat, sekalipun, sayangnya, itu tidak dapat lagi diobati karena organ-organ vokal mereka telah dispesialisasikan dalam satu arah tertentu. Namun, di mana organ itu ada, dalam batas-batas tertentu bahkan ketidak-mampuan ini menghilang. Organ-organ bukkal (*buccal*) burung-burung sudah tentu berbeda sekali dari organ-organ bukkal manusia, namun hanya burung-burung adalah hewan-hewan yang dapat belajar berbicara; dan adalah burung dengan suara yang paling ganjil/seram, kakatua, yang paling pintar berbicara. Janganlah

ditentang kenyataan bahwa burung beo/nuri itu tidak mengerti apa yang dikatakannya. Memang benar bahwa untuk kesenangan berbicara semata-mata dan untuk *bergaul* dengan manusia, burung beo/nuri itu akan mengoceh berjam-jam lamanya, terus-menerus mengulangi seluruh vokabularinya. Tetapi di dalam batas-batas lingkaran ide-idenya ia juga dapat belajar mengerti apa yang dikatakannya. Ajarkanlah pada seekor burung beo/nuri kata-kata makian dengan cara sedemikian rupa sehingga ia dapat membayangkan artinya (salah satu hiburan paling mengasyikkan para pelaut yang pulang dari daerah tropik); godalah dan anda akan segera menemukan bahwa ia mengetahui cara menggunakan kata-kata cacian itu dengan tak-kalah tepatnya dengan seorang penjual-ikan Berlin. Demikian pula dalam mengemis jajanan.

Pertama kerja, setelah itu, dan kemudian dengan itu, ucapan artikulat--inilah dua rangsangan (stimuli) paling mendasar yang mempengaruhi otak kera secara berangsur-angsur berubah menjadi otak manusia, yang dengan segala kesamaannya dengan yang tersebut duluan adalah jauh lebih besar dan jauh lebih sempurna. Bergandengan dengan perkembangan otak berlangsunglah perkembangan alat-alatnya yang paling langsung-- organ-organ inderawi. Tepat sebagaimana perkembangan berangsur-angsur berucap itu mau-tak-mau dibarengi penghalusan/penyempurnaan yang bersesuaian dari organ pendengaran, demikian pula perkembangan otak secara keseluruhan dibarengi suatu penyempurnaan semua indera. Burung elang melihat jauh melebihi pengelihatan manusia, tetapi mata manusia melihat jauh lebih banyak dalam benda-benda daripada yang dilihat mata elang. Anjing memiliki daya penciuman yang jauh lebih tajam daripada manusia, tetapi ia tidak membedakan seperseratus bau-bauan yang bagi manusia adalah ciri-ciri tertentu dari berbagai-bagai benda. Dan indera sentuh, yang nyaris tidak dimiliki kera dalam bentuk awalnya yang paling kasar, hanya telah berkembang secara bersama dengan perkembangan tangan manusia itu sendiri, melalui medium kerja.

Reaksi atas kerja dan berucap dari perkembangan otak dan indera-indera pengiringnya, dari semakin jelasnya kesadaran, daya abstraksi dan penilaian, memberikan dorongan/impuls yang selalu-diperbarui pada perkembangan lebih lanjut bagi kerja maupun berucap. Perkembangan lebih lanjut ini tidak mencapai kesudahannya ketika manusia akhirnya menjadi berbeda dari kera, tetapi, secara keseluruhannya, telah berlanjut terus untuk maju dengan semakin perkasa, berbeda dalam derajat dan arah di antara berbagai rakyat dan pada waktu-waktu yang berbeda, dan di sana-sini bahkan diselangi oleh kemunduran lokal atau sementara. Perkembangan lebih lanjut ini telah dengan kuat didorong maju, di satu pihak, dan telah dipandu mengikuti arah-arrah yang semakin pasti di lain pihak, karena adanya suatu unsur baru yang berperan dengan permunculan manusia yang seutuhnya, yaitu, *masyarakat*.

Ratusan ribu tahun--yang tidak mempunyai maka lebih besar dalam sejarah bumi daripada sedetik dalam kehidupan manusia*)--jelas telah berlalu sebelum masyarakat manusia lahir dari segerombolan kera pemanjat-pohon. Betapapun, ia akhirnya muncul juga. Dan apakah yang sekali lagi kita temukan sebagai perbedaan karakteristik antara gerombolan kera dan masyarakat manusia? *Kerja*. Gerombolan kera itu puas dengan menjelajahi daerah tempat-makan yang ditentukan baginya oleh kondisi-kondisi geografikal atau perlawanan gerombolan-gerombolan yang bertetangga; gerombolan kera itu melakukan migrasi-migrasi dan perjuangan-perjuangan untuk merebut daerah-daerah tempat-makan baru, tetapi ia tidak mampu mengambil dari situ lebih daripada yang disediakan dalam keadaan alamiahnya itu, kecuali gerombolan kera itu secara tidak sadar merabuki tanah itu dengan kotoran-badan mereka sendiri. Segera setelah daerah persediaan makanan itu ditempati, tidak mungkin lagi populasi kera itu bertambah lagi; jumlah hewan itu paling-paling tetap saja. Tetapi semua hewan menghabiskan/memboroskan banyak sekali makanan, dan, lebih-lebih lagi, menghancurkan generasi persediaan makanan berikutnya dalam keadaan embrional. Tidak seperti seorang pemburu, srigala tidak mencadangkan/membiarkan induk kijang yang di tahun berikutnya akan memberikan anak-anak kijang; kambing-kambing

di Junani yang merumput habis semak-semak muda sebelum tumbuh besar, telah merumput gundul semua daerah pegunungan negeri itu. "Ekonomi buas" hewan-hewan ini memainkan suatu peranan penting dalam transformasi spesies secara berangsur-angsur dengan memaksa mereka mengadaptasi diri pada makanan-makanan yang lain daripada biasanya, dan berkat itu darah mereka memperoleh suatu komposisi kimiawi yang berbeda dan seluruh susunan fisik berangsur-angsur berubah, sedangkan spesies yang sudah mantap menjadi punah. Tidak disangsikan lagi bahwa perekonomian buas ini telah sangat besar sumbangsuhnya pada peralihan leluhur kita dari kera pada manusia. Dalam suatu bangsa kera-kera yang jauh melampaui semua lainnya dalam inteligensi dan daya-penyesuaian-diri, perekonomian buas ini tidak bisa tidak menghasilkan peningkatan terus-menerus dalam jumlah tanaman yang diperuntukkan sebagai makanan dan pada pelahapan bagian-bagian yang semakin dapat dimakan dari tanaman-tanaman ini. Singkatnya, ia menjadikan makanan semakin lebih beranega-ragam, dan dengan begitu juga substansi-substansi yang masuk ke dalam tubuh, premis-premis kimiawi bagi peralihan menjadi/pada manusia. Tetapi semua itu masih belum kerja dalam arti sebenarnya. Kerja dimulai dengan dibuatnya alat-alat/perkakas. Dan apakah alat-alat paling purba yang kita temukan--paling kuno jika dinilai dari pusaka-pusaka manusia pra-sejarah yang telah di temukan, dan dari cara hidup rakyat-rakyat dari sejarah paling dini dan dari orang-orang biadab masa kini yang paling primitif? Yaitu perkakas-perkakas berburu dan penangkapan ikan, yang tersebut duluan sekaligus dipakai sebagai senjata. Tetapi perburuan dan penangkapan ikan mengandaikan peralihan dari suatu diet yang khususnya vegetabel pada makanan serba-daging yang cocok (seiring), dan kita dapatkan di sini suatu langkah mendasar lainnya dalam peralihan menjadi/pada manusia. Suatu *diet serba-daging* mengandung (berarti) substansi-substansi yang paling pokok--dalam suatu keadaan yang hampir jadi--yang diperlukan oleh organisme bagi metabolismenya. Ia mempersingkat waktu yang diperlukan, tidak hanya bagi pencernaan, melainkan juga bagi proses-proses vegetatif badaniah lainnya yang bersesuaian dengan proses kehidupan tetumbuhan, dan dengan demikian memperoleh waktu,

bahan dan hasrat lebih lanjut bagi manifestasi aktif dari kehidupan hewani dalam arti sebenarnya dari kata itu. Dan semakin jauh manusia yang sedang menjadi itu meninggalkan dunia tetumbuhan, semakin tinggi juga ia naik di atas hewan-hewan. Tepat sebagaimana terbiasanya pada suatu diet tetumbuhan berdampingan dengan suatu diet dengan daging telah mengubah kucing-kucing dan anjing-anjing liar menjadi pelayan-pelayan manusia, demikian pula adaptasi pada suatu diet ikan, bersama-sama dengan suatu diet vegetabel, sangat menyumbang dalam penyusunan kekuatan dan kebebasan badaniah pada manusia yang sedang menjadi itu. Namun, efek paling mendasar dari suatu diet daging ialah atas otak, yang kini menerima aliran bahan-bahan yang jauh lebih kaya, yang diperlukan bagi pemeliharaan dan perkembangan, dan yang karenanya dapat berkembang lebih cepat dan sempurna dari generasi ke generasi. Dengan segala hormat pada para vegetarian, mestilah diakui bahwa manusia tidak menjadi "ada" tanpa suatu diet daging, dan jika yang tersebut belakangan, di antara semua rakyat yang kita ketahui, telah membawa pada kanibalisme pada suatu masa atau lainnya (leluhur kaum Berliner, Weletabian atau Wilzian, biasa makan orang tua mereka sampai abad ke sepuluh), itu tiada arti apa-apa bagi kita dewasa ini.

Suatu diet daging membawa pada dua kemajuan baru yang mempunyai arti-penting menentukan: pada penggunaan api dan penjinakan khewan-khewan. Yang tersebut duluan lebih lanjut mempersingkat proses pencernaan, karena kepada mulut ia memberikan makanan yang sudah, boleh dikatakan, setengah-dicerna; yang kedua membuat daging berlebih dengan membukakan suatu sumber suplai baru yang lebih teratur di samping perburuan, dan lagi pula memberikan, dengan susu dan hasil-hasilnya, suatu bahan makanan baru yang paling sedikit sama bernilainya dengan daging dalam komposisinya. Demikianlah, kedua kemajuan ini langsung menjadi alat-alat emansipasi yang baru bagi manusia. Akan membawa diri kita terlalu jauh jika di sini kita memerinci lebih lanjut efek-efek tidak-langsungnya, betapapun besar makna yang dikandung/dipunyainya bagi perkembangan manusia dan masyarakat.

Tepat sebagaimana manusia telah belajar mengonsumsi segala yang dapat dimakan, ia juga telah belajar hidup di iklim apa saja. Ia menyebar ke seluruh dunia yang dapat ditinggali, menjadi satu-satunya hewan yang dapat melakukan itu atas pilihannya sendiri. Khewan-khewan lain yang telah menjadi terbiasa pada segala iklim-hewan-hewan domestik dan binatang-binatang kecil pengganggu--tidak menjadi sebebas itu, melainkan hanya sesudah manusia. Dan peralihan dari keseragaman iklim panas tempat asal manusia ke daerah-daerah lebih dingin, di mana tahun terbagi menjadi musim panas dan musim dingin, menciptakan syarat-syarat baru: tempat berteduh dan pakaian untuk perlindungan terhadap kedinginan dan kelembaban, lingkungan-lingkungan baru untuk kerja dan karenanya bentuk-bentuk kegiatan baru, yang lebih lanjut semakin memisahkan manusia dari hewan.

Dengan kerja-sama tangan, organ-organ bicara, dan otak, tidak hanya pada setiap individu, melainkan juga dalam masyarakat, makhluk manusia menjadi berkemampuan melaksanakan operasi-operasi yang semakin lebih rumit, dan menetapkan dan mencapai tujuan-tujuan yang tinggi dan kian meninggi. Dari generasi demi generasi, kerja itu sendiri menjadi berbeda, semakin sempurna, semakin beraneka-ragam. Agrikultur ditambahkan pada perburuan dan peternakan, kemudian menenun, menganyam, pengerjaan logam, tembikar, dan navigasi. Bersama-sama dengan perdagangan dan industri, akhirnya muncullah seni dan ilmu-pengetahuan. Dari suku-suku berkembanglah nasion-nasion dan negara-negara. Hukum dan politik lahir, dan bersama itu refleksi fantastik mengenai masalah-masalah manusia di dalam pikiran manusia: religi. Di hadapan segala penciptaan ini, yang muncul pertama-tama sebagai produk-produk pikiran, dan yang tampak mendominasi masyarakat-masyarakat manusia, produksi-produksi yang lebih sederhana dari tangan yang bekerja mundur ke latar-belakang, semakin menjadi-jadi begitu karena pikiran yang merencanakan proses kerja sudah berada pada tahap dini dari perkembangan masyarakat (misalnya, sudah di dalam keluarga sederhana), telah mampu membuat kerja berencana ini dilaksanakan oleh tangan-tangan lain dan bukan tangan-tangan sendiri. Semua jasa kemajuan pesat peradaban

dijulukkan pada pikiran, pada perkembangan dan kegiatan otak. Manusia menjadi terbiasa untuk menjelaskan tindakan-tindakan mereka dari pikiran-pikiran mereka, gantinya dari kebutuhan-kebutuhan mereka (yang, dengan setiap kasus direnungkan, menjadi kesadaran di dalam pikiran)--maka lahirnya dalam berlalunya waktu itu, pandangan idealistik mengenai dunia yang, khususnya sejak keruntuhan dunia kuno, telah menguasai pikiran-pikiran manusia. Itu sampai batas jauh masih menguasai mereka sehingga bahkan ilmuwan-ilmuwan alam yang paling materialistik dari aliran Darwinian masih belum mampu membentuk suatu gagasan yang jelas mengenai asal-usul manusia, karena di bawah pengaruh ideologikal itu mereka tidak mengakui peranan yang telah dimainkan di dalamnya oleh kerja.

Hewan-hewan, seperti sudah ditunjukkan, mengubah alam eksternal dengan kegiatan-kegiatan mereka sebagaimana yang juga dilakukan oleh manusia, sekalipun tidak dalam jangkauan yang sama, dan perubahan-perubahan yang mereka lakukan pada lingkungan mereka, sebagaimana telah kita lihat, pada gilirannya bereaksi atas dan mengubah originator-originator mereka. Karena tiada sesuatu pun dalam alam terjadi secara terisolasi. Segala sesuatu mempengaruhi setiap hal lainnya dan *vice versa*, dan terutama karena gerak dan interaksi yang bersegi-menyeluruh ini dilupakan, maka para ilmuwan alam kita terhalangi untuk melihat dengan jelas hal-hal yang paling sederhana.. Kita telah mengetahui bagaimana kambing-kambing telah mencegah regenerasi hutan-hutan di Junani; di St. Helena, kambing-kambing dan babi-babi yang dibawa oleh pelaut-pelaut pertama yang tiba di sana telah nyaris berhasil untuk sepenuhnya memusnahkan vegetasi tua pulau itu, dan dengan demikian menyiapkan tanah bagi penyebaran tanaman-tanaman yang dibawa oleh pelaut-pelaut dan kolonis-kolonis. Tetapi, apabila hewan-hewan mengerahkan suatu efek bersinambungan atas lingkungan mereka, itu terjadi secara tidak disengaja, dan, sejauh yang menyangkut hewan-hewan itu sendiri, itu adalah suatu kekebetulan. Semakin jauh manusia terpisah dari hewan-hewan, semakin pula efek mereka atas alam memperoleh sifat aksi yang disengaja, yang direncanakan yang mengarah pada tujuan-tujuan

tertentu yang diketahui sebelumnya. Hewan-hewan menghancurkan vegetasi suatu lokalitas tanpa menyadari apa yang dilakukannya. Manusia menghancurkan/merusaknya agar dapat menebar tanaman-tanaman ladang di atas tanah yang telah dibebaskannya dengan cara itu, atau untuk menanam pohon-pohon atau anggur-angguran yang diketahuinya akan menghasilkan sekian kali lipat benih yang ditebarkannya. Ia memindahkan tanaman-tanaman yang berguna dan hewan-hewan domestik dari satu negeri ke lain negeri dan dengan demikian mengubah flora dan fauna benua-benua seluruhnya. Lebih dari itu. Lewat perkembangan-biakan buatan, baik hewan maupun tanaman juga diubah oleh manusia sehingga mereka menjadi tidak dapat dikenali lagi. Tanaman-tanaman liar yang menjadi asal-usul varitas-varitas biji-bijian kita masih dicari tanpa hasil. Masalah binatang liar yang menjadi asal-usul anjing-anjing kita, dengan anjing-anjing itu sendiri begitu berbeda-beda satu sama lainnya, atau sama banyaknya kuda-kuda yang hasil perkembang-biakan, juga masih dipertengkarkan.

Sudah tentu tidak usah dikatakan, bahwa kita tidak bermaksud mempersoalkan kemampuan khewan-khewan untuk berkelakuan dengan gaya yang terencana dan sengaja. Sebaliknya, suatu gaya tindakan berencana terdapat secara embrional kapan saja protoplasma, protein hidup, terdapat dan bereaksi, yaitu, melaksanakan gerakan-gerakan tertentu, bahkan apabila luar-biasa sederhana, sebagai hasil dari rangsangan eksternal tertentu. Reaksi seperti itu bahkan terjadi ketika sama sekali masih belum ada sel, apalagi suatu sel syaraf. Cara tanaman-tanaman pemakan serangga menangkap mangsa mereka muncul pula hingga batas tertentu sebagai suatu tindakan berencana, sekalipun dilakukan secara sangat tidak sadar. Pada hewan-hewan kapasitas akan tindakan berencana, yang sadar, berkembang bersamaan dengan perkembangan sistem persyarafan dan di antara binatang-binatang mamalia hal itu mencapai suatu tingkat yang tinggi sekali. Selagi berburu-rubah di Inggris, setiap hari orang dapat menyaksikan betapa dengan tepat sekali seekor rubah itu mengetahui caranya memanfaatkan pengetahuannya mengenai lokalitas untuk meloloskan diri dari pemburu-pemburunya, dan betapa baik pengetahuannya dan

memanfaatkan semua ciri daerah (tanah) yang menguntungkan itu sehingga baunya dapat disesatkan. Di antara binatang-binatang piaraan kita, yang lebih tinggi perkembangannya berkat pergaulannya dengan manusia, setiap hari dapat disaksikan tindakan-tindakan penuh akal yang tepat sama tingkatnya seperti yang dilakukan oleh anak-anak. Karena, tepat sebagaimana sejarah pembangunan/perkembangan janin manusia di dalam perut ibu hanyalah suatu ulangan yang dipersingkat dari sejarah, yang terentang jutaan tahun, dari evolusi badaniah leluhur-leluhur khewani kita, dimulai dari cacing, begitulah perkembangan mental anak manusia hanyalah suatu ulangan yang lebih diringkaskan lagi dari perkembangan intelektual leluhur-leluhur yang sama ini, setidak-tidaknya dari yang lebih belakangan. Tetapi semua tindakan berencana dari semua khewan tidak pernah berhasil membubuhkan cap kehendak mereka pada dunia. Harus manusialah yang melakukan itu.

Singkatnya, hewan itu cuma *menggunakan* alam eksternal, dan melahirkan perubahan-perubahan padanya hanya dengan kehadirannya; manusia dengan perubahan-perubahannya menjadikannya melayani kepentingan-kepentingannya, *menguasainya*. Inilah perbedaan hakiki, final, antara manusia dan khewan-khewan lainnya, dan sekali lagi adalah kerja yang melahirkan perbedaan ini.**)

Namun, janganlah kita terlampau membanggakan diri kita atas penaklukan-penaklukan kita atas/terhadap alam. Karena masing-masing penaklukan itu berbalas-dendam terhadap kita. Masing-masingnya, memang benar, pertama-tama berkonsekuensi yang kita perhitungkan, tetapi di tempat kedua dan ketiga mempunyai akibat-akibat yang sangat berbeda, yang di luar duga-dugaan terlalu sering hanya membatalkan hasil yang pertama itu. Orang-orang yang, di Mesopotamia, Yunani, Asia-Kecil, dan di lain-lain tempat, menghancurkan hutan-hutan untuk mendapatkan tanah yang bisa digarap, tidak bermimpi bahwa mereka sedang meletakkan dasar bagi kondisi kerusakan dewasa ini di negeri-negeri itu, dengan menyingkirkan bersama hutan-hutan itu, pusat-pusat pengumpulan

dan penyimpanan-penyimpanan uap-lembab. Manakala, di landaian-landaian pegunungan sebelah Selatan, orang-orang Italia dari Alpen menghabiskan hutan-hutan pohon cemara yang dengan begitu penuh perhatian dijadikan tumpuan harapan mereka di landaian-landaian sebelah Utara, mereka tidak menyadari bahwa dengan berbuat begitu mereka memotong akar-akar industri susu di wilayah mereka; mereka bahkan lebih tidak menyadari bahwa dengan itu mereka menghilangkan sebagian besar sumber-sumber air pegunungan mereka dalam setahun, memungkinkan bagi sumber-sumber air itu menumpahkan keganasan luapan-banjir ke dataran-dataran selama musim hujan. Orang-orang yang menyebarkan kentang di Eropa tidak menyadari bahwa dengan ubi-ubi berbubuk ini mereka sekaligus menyebarkan penyakit skrofula. Demikianlah pada setiap langkah kita diingatkan bahwa kita sama sekali tidak berkuasa atas alam seperti seorang penakluk atas suatu bangsa asing, seperti seseorang yang berdiri di luar alam--tetapi bahwa kita, dengan daging, darah dan otak, termasuk dalam alam, dan berada di tengah-tengahnya, dan bahwa semua penguasaan kita atasnya terdiri atas kenyataan bahwa kita mempunyai kelebihan di atas semua makhluk lainnya dengan mampu mengetahui dan dengan tepat menerapkan hukum-hukumnya.

Dan sebenarnya, dengan setiap hari yang berlalu kita belajar memahami hukum-hukum ini secara lebih tepat, dan menjadi mengenal akibat-akibat yang lebih langsung dan/maupun yang lebih jauh dari campur-tangan kita dengan proses alam tradisional. Khususnya, setelah kemajuan-kemajuan perkasa ilmu-alam dalam abad sekarang, kita semakin ditempatkan dalam suatu kedudukan di mana kita dapat mengetahui, dan karenanya mengendalikan, bahkan akibat-akibat alamiah yang lebih jauh lagi, paling tidak dari kegiatan-kegiatan produktif kita yang paling umum. Namun, semakin hal ini terjadi, semakin pula manusia tidak hanya akan merasa, tetapi juga mengetahui, kesatuan diri mereka dengan alam, dan dengan demikian semakin tidak mungkinnya gagasan yang tidak masuk akal dan anti-alam mengenai suatu pertentangan antara pikiran dan materi, manusia dan alam, jiwa dan badan, seperti yang timbul/lahir di Eropa sesudah keruntuhan kekunoan (keantikan=*antiquity*) klasik dan yang mendapatkan elaborasinya yang paling tinggi dalam kekristianian.

Tetapi, apabila sudah dibutuhkan kerja beribu-ribu tahun bagi kita untuk hingga batas tertentu belajar memperhitungkan akibat-akibat *alamiah* yang lebih jauh lagi dari tindakan-tindakan kita yang ditujukan pada produksi, adalah lebih sulit lagi yang bertautan dengan akibat-akibat *sosial* yang lebih jauh dari tindakan-tindakan ini. Kita sudah menyinggung kentang itu dan penyebaran skrofula yang diakibatkannya. Tetapi apakah skrofula itu jika dibandingkan dengan efek atas kondisi kehidupan massa rakyat di keseluruhan negeri-negeri yang diakibatkan karena kaum pekerja direduksi pada suatu diet kentang, atau jika dibandingkan dengan kelaparan yang melanda Irlandia pada tahun 1847 sebagai akibat penyakit-tumbuh-tumbuhan kentang, dan yang mengirimkan sejuta orang Irlandia ke kuburan, karena diberi makan kentang dan nyaris seluruhnya kentang saja, dan memaksakan pengemigrasian lebih dari dua juta orang? Ketika orang-orang Arab belajar menyuling alkohol, tak pernah terpikir oleh mereka bahwa dengan melakukan itu mereka menciptakan salah-satu senjata utama bagi pemusnahan kaum aborigin (penduduk asli) dari benua Amerika yang ketika itu belum ditemukan. Dan ketika Columbus kemudian menemukan Amerika, ia tidak mengetahui bahwa dengan berbuat begitu ia memberikan suatu kesempatan hidup baru pada perbudakan, yang di Eropa telah lama berselang dihapus, dan meletakkan dasar bagi perdagangan budak Negro. Orang-orang yang pada abad-abad ke tujuhbelas dan delapan belas berusaha keras menciptakan mesin-uap tidak membayangkan bahwa mereka sedang menyiapkan perkakas yang lebih daripada perkakas lainnya akan merevolusionerkan kondisi-kondisi sosial di seluruh dunia. Teristimewa di Eropa, dengan memusatkan kekayaan di tangan suatu minoritas, dengan mayoritas yang luar-biasa besarnya dijadikan tidak-memiliki apapun, perkakas ini mula-mula dimaksudkan untuk memberikan dominasi sosial dan politikal pada burjuasi, dan kemudian, namun, melahirkan suatu perjuangan klas antara burjuasi dan proletariat, yang hanya dapat berakhir dengan penumbangan burjuasi dan penghapusan semua antagonisme klas. Tetapi juga di bidang ini, lewat pengalaman panjang dan sering kejam dan dengankumpulkan dan menelaah material sejarah, kita berangsur-angsur belajar memperoleh suatu pandangan yang jelas mengenai akibat-akibat sosial yang tidak langsung, yang lebih jauh dari kegiatan produktif kita, dan dengan begitu terbuka peluang/kemungkinan bagi kita untuk menguasai dan mengatur akibat-akibat ini juga.

Untuk menjalankan pengaturan ini diperlukan sesuatu yang lebih daripada sekedar pengetahuan. Ia menuntut suatu revolusi lengkap dalam cara produksi kita yang ada hingga sekarang, dan dengan itu juga keseluruhan tatanan sosial kita dewasa ini.

Semua cara produksi yang ada hingga sekarang semata-mata telah diarahkan pada pencapaian efek kerja yang paling segera dan paling langsung berguna. Akibat-akibat selanjutnya, yang baru kemudian muncul dan menjadi efektif melalui pengulangan dan akumulasi secara berangsur-angsur, sama sekali diabaikan. Pemilikan komunal asali atas tanah bersesuaian, di satu pihak, dengan suatu tingkat perkembangan makhluk manusia di mana cakrawala mereka pada umumnya terbatas pada yang terdapat paling langsung di dekatnya, dan mengandaikan, di pihak lain, suatu kelebihan tertentu dari tanah yang tersedia, yang memperkenankan suatu kelonggaran tertentu untuk pengoreksian setiap kemungkinan hasil-hasil buruk dari tipe primitif perekonomian ini. Ketika kelebihan tanah ini terpakai habis, hak pemilikan komunal juga runtuh. Semua bentuk produksi yang lebih tinggi, namun, membawa pada pembagian penduduk menjadi berbagai klas dan dengan begitu pada antagonisme klas-klas yang berkuasa dan yang tertindas. Tetapi berkat ini pula kepentingan klas berkuasa menjadi faktor pendorong produksi, sejauh yang tersebut belakangan ini tidak dibatasi pada kebutuhan-kebutuhan hidup yang paling rendah dari rakyat tertindas. Hal ini telah dilaksanakan hampir selengkapnyanya di dalam cara produksi kapitalis yang berlaku dewasa ini di Eropa Barat. Para kapitalis individual, yang menguasai produksi dan pertukaran, hanya mampu melibatkan diri mereka dengan efek kegunaan yang paling langsung dari tindakan-tindakan mereka. Sebenarnya, bahkan efek kegunaan ini--sejauh-jauh itu suatu permasalahan mengenai kegunaan barang yang diproduksi atau dipertukarkan--langsung tergusur ke belkakang, dan satu-satunya perangsang (insentif) menjadilah/adalah laba yang akan diperoleh dalam penjualan.

Ilmu pengetahuan sosial kaum burjuasi, ekonomi-politik klasik, terutama hanya dipenuhi dengan efek-efek sosial tindakan-tindakan manusia yang langsung diniatkan dengan tujuan produksi dan pertukaran. Ini sepenuhnya bersesuaian dengan organisasi sosial yang darinya ia merupakan pernyataan teoretikalnya. Karena para kapitalis

individual terlibat dalam produksi dan pertukaran demi untuk laba segera, maka hanya hasil-hasil paling dekat, yang paling segera yang pertama-tama dapat diperhitungkan. Tatkala seorang penghasil (manufaktur) atau pedagang individual menjual atau membeli satu barang-dagangan manufaktur dengan laba yang berlaku umum, ia puas, dan ia tidak peduli apa yang terjadi kemudian dengan barang-dagangan itu dan para pembelinya. Hal serupa berlaku pada akibat-akibat alamiah tindakan-tindakan yang sama itu. Apa urusannya bagi para penanam Spanyol di Kuba, yang membakar habis hutan-hutan di landaian-landaian pegunungan dan dari abu-abunya memperoleh rabuk secukupnya untuk *satu* generasi pohon-pohon kopi yang sangat luar-biasa menguntungkan itu, apakah urusan bagi mereka bahwa hujan tropikal yang lebat setelah itu menyapu bersih lapisan atas tanah yang kini tidak terlindung itu, dengan meninggalkan hanya batu karang yang gundul? Dalam hubungan dengan alam, seperti dengan masyarakat, cara produksi sekarang terutama dan di atas segala-galanya hanya memikirkan hasil pertama, hasil yang paling dapat disentuh; dan kemudian dinyatakan keterkejutan bahwa akibat-akibat paling jauh dari tindakan-tindakan yang diarahkan pada tujuan ini ternyata sangat berbeda sekali, bahkan teristimewa memiliki watak/sifat yang berlawanan; bahwa keserasian permintaan dan persediaan telah berubah menjadi pertentangan polar-(kutub-kutub)nya, seperti dibuktikan oleh proses tiap daur industrial sepuluh-tahun, dan bahwa juga Jerman mengalami suatu pendahuluan kecil dalam hal "keambrokan";⁹²⁾ bahwa milik perseorangan berdasarkan kerja individual mau tidak mau berkembang menjadi ketiada-pemilikan-apapun kaum pekerja, sedang semua kekayaan menjadi semakin dan kian terkonsentrasi di tangan-tangan kaum bukan-pekerja; bahwa [.....]⁹³⁾

Catatan:

*) Seorang pakar terkemuka mengenai hal ini, Sir W. Thomson, telah memperhitungkan bahwa *tidak kurang dari seratus juta tahun* yang telah berlalu sejak bumi telah cukup mendingin bagi kehidupan tumbuh-tumbuhan dan hewan-hewan.

**) Pada pinggiran manuskrip tertulis dengan pensil: "pemuliaan".[ed.]