



Peradaban dan Energi Masa Depan: (Masihkah) Fossil Fuel?

Dwi R. Muhtaman
Sustainability partner



Matahari. Dari letaknya yang sekarang dari bumi, matahari adalah puisi. Inspirasi pada saat terbit hingga terbenam. Bahkan ketika ia hilang dari pandangan. Bumi, matahari dan milyaran planet yang nampak maupun yang tidak mampu kita lihat adalah bagian dari alam semesta yang hingga kini penuh dengan misteri.

"Dalam kehidupan setiap makhluk di Bumi ada gema dari peristiwa yang terjadi sangat lama sekali. Sebuah perjalanan menemukan bagaimana selama 13,8 miliar tahun, kita telah [mencapai] satu momen berharga ini dalam ruang dan waktu," suara narator dengan lantang dan lembut menimpali kelebat bara matahari, lintasan bintang-bintang, kilau galaksi, savani Serengati, harimau yang lapar, energi yang melesat dan menyelinap.

"Energi kuno yang ada pada asal usul alam semesta kita memberi kekuatan pada segalanya. Setiap bintang, setiap planet. Setiap kehidupan. Terus menerus berpindah dari satu kehidupan ke kehidupan lainnya. Memelihara seluruh ekosistem. Energi yang pernah menerangi alam semesta kini menghubungkan semua makhluk hidup." ¹ Inilah salah satu narasi *Our Universe: Energi*. Membayangkan keterhubungan semua energi yang menghidupkan alam semesta dan segala makhluk yang ada di bumi. Siklus makanan di Bumi juga mencerminkan siklus energi yang disemburkan dari juluran lidah-lidah api matahari. Semuanya terhubung. Semuanya membentuk jalinan semesta yang tak pernah terputus. Dengan narasi suara Morgan Freeman yang gagap gempita, keras dan lembut mengantarkan episode *Chasing Starlight* mengembarakan kita pada keterhubungan energi alam semesta. Melacak keterhubungan alam semesta dengan setiap partikel energi yang hadir di setiap makhluk di bumi. Episode pertama ini merupakan satu dari enam episode film dokumenter yang diproduksi dan telah ditayangkan oleh Netflix sejak November. ²

"*The Universe was born about 13.8 billion years ago,*" tulis Murdin dalam buku *The Universe: A Biography* (2022). ³ Buku ini menceritakan upaya para *astronomer* mengeskplorasi dan menemukan apa yang terjadi di alam semesta. Tentang sejarah alam semesta--kelahirannya pada detik paling awal meletupnya *the Big Bang*. Murdin juga menyingkap apa yang terjadi beberapa saat sebelum terjadi *the Big Bang* itu, dan apa yang bakal terjadi pada masa yang akan datang. Matahari adalah satu dari milyaran planet serupa yang paling menentukan atas lahir dan berkembangnya peradaban manusia. Dan mungkin juga yang menentukan akhir dari segalanya.

Matahari adalah sumber dari semua energi yang kita konsumsi sebagai manusia (kecuali tenaga nuklir, yang berasal dari Big Bang atau dari bintang yang telah lama mati yang meledak sebagai supernova). Kepentingan bagi kita saja akan membuat Matahari pantas memiliki sejarahnya sendiri, adalah bintang yang sangat khas dan sangat penting untuk perkembangan biografis Alam Semesta.⁴ Matahari dan angin partikel energiknya mendominasi ruang yang mengelilingi planet, termasuk Bumi. Namun, beruntungnya, permukaan bumi terlindung dari partikel Matahari oleh adanya medan magnet. Dan dari energi Mataharilah, kita tahu, manusia membangun peradaban.



ASAL MULA ENERGI MATAHARI

Ketika Matahari masih muda, protobintang, ia memancarkan energi dari berbagai sumber seperti energi gravitasi yang dihamburkan oleh kejatuhannya dari awan di medium antarbintang menjadi bintang, dan untuk beberapa waktu di abad kesembilan belas para astronom berpikir bahwa ini mungkin masih menjadi sumber kekuatan Matahari: fisikawan Jerman Hermann von Helmholtz dan astronom Kanada Simon Newcomb menghitung bahwa Matahari mungkin telah ada selama beberapa juta tahun jika memang demikian, periode waktu yang dianggap menjadi panjang tak terlukiskan. Namun, pada abad ke-20, para ilmuwan mulai menyadari bahwa Bumi bahkan jauh lebih tua dari ini, dan karena Bumi bergantung pada Matahari, Matahari pasti setua atau lebih tua dari Bumi.

“Kesimpulan abad ke-20 tentang usia Bumi didasarkan pada ilmu radioaktivitas baru, yang ditemukan oleh ilmuwan Prancis Henri Becquerel, Marie Curie, dan Pierre Curie. Ini memungkinkan fisikawan Inggris Lord Ernest Rutherford untuk mengembangkan cara menggunakan peluruhan radioaktif untuk mengukur usia batuan. Seorang kimiawan muda Amerika, Bertram B. Boltwood, menemukan bahwa beberapa batuan berumur 1 miliar hingga 2 miliar tahun, dan sekarang kita mengetahui batuan dua hingga empat kali lebih tua. Ini terlalu lama untuk energi gravitasi pembentukan Matahari mampu bertahan. Bagaimana Matahari bisa terus bersinar begitu lama? ⁵

Jawabannya ditemukan oleh dua fisikawan di Universitas Göttingen di Jerman – Fritz Houtermans (1903–1966) dan Robert d’Escourt Atkinson (1898–1982), seperti dikutip Murdin. Saat berlibur bersama dalam tur jalan kaki pada musim panas 1927, mereka berbicara tentang sumber kekuatan Matahari. Atkinson, seorang ahli astrofisika Inggris, mengetahui bahwa Sir Arthur Stanley Eddington (lihat halaman 17) baru saja menentukan kondisi fisik di dalam Matahari dan bagaimana ia mempertahankan ukurannya: densitas dan suhunya menciptakan tekanan tinggi di dalam Matahari, yang melawan gaya tersebut. gravitasi yang menarik bahan tubuhnya erat bersama-sama. Matahari seimbang antara gaya ke atas dan ke bawah ini. Keseimbangannya sangat tepat karena tekanan dan temperatur dapat menyesuaikan diri. Jika Matahari mengembang karena suatu alasan yang tidak terkait dengan strukturnya sendiri, tekanan dan suhu akan turun dan akan menyusut. Hal sebaliknya juga terjadi. Itu selalu bertindak untuk mengembalikan keseimbangannya. Tekanan berasal dari dua sumber. Gas penyusun Matahari menghasilkan tekanannya sendiri, tetapi selain itu, radiasi yang dihasilkan di inti mengalir ke atas melalui Matahari. Kedua tekanan tersebut mendorong melawan gravitasi dan mendukung Matahari agar tidak runtuh.

Matahari sebagai sumber energi kandungan di dalamnya jauh melebihi gabungan semua komponen tata surya lainnya. Matahari mengandung lebih dari 99 persen massa seluruh tata surya (Faulkner, 2019). Meski demikian, Matahari adalah bintang berukuran sedang. Dari Bumi terlihat jauh lebih besar dan lebih terang dari bintang lain hanya karena jauh lebih dekat ke Bumi daripada bintang lainnya. Jika Matahari lebih jauh lagi, akan terlihat seperti banyak bintang lain di langit malam. Tapi jika itu terjadi tidak akan ada kehidupan seperti yang kita alami di Bumi. Matahari menyediakan hampir semua panas, cahaya, dan bentuk energi lain yang diperlukan untuk kehidupan di Bumi. Matahari menyediakan sebagian besar energi tata surya.

Faulkner menjelaskan bahwa para astronom percaya tata surya terbentuk sebagai produk sampingan dari pembentukan Matahari sendiri sekitar 4,6 miliar tahun yang lalu. Menurut teori yang berlaku, Matahari dan banyak satelitnya mengembun dari nebula matahari, awan gas dan debu antarbintang yang sangat besar. Tata surya mulai terbentuk ketika gravitasi dari “awan antarbintangnya menyebabkan awan mulai berkontraksi dan perlahan berputar. Ini bisa disebabkan oleh fluktuasi acak dalam kerapatan awan atau oleh gangguan eksternal, seperti gelombang kejut dari bintang yang meledak.”

Masa depan tata surya bergantung pada perilaku Matahari, tulis Falkner. Jika teori evolusi bintang saat ini benar, Matahari akan memiliki ukuran dan suhu yang hampir sama selama sekitar 5 miliar tahun lagi. Pada saat itu, semua hidrogen di intinya akan habis. Reaksi nuklir lainnya akan dimulai dalam cangkang di sekitar inti. Kemudian Matahari akan tumbuh lebih terang dan lebih besar, berubah menjadi raksasa merah dan meluas melampaui orbit Venus, bahkan mungkin menelan Bumi. Jauh di kemudian hari, ketika semua sumber energi nuklirnya habis, Matahari akan mendingin, berevolusi menjadi bintang kerdil putih. Di sekelilingnya akan mengorbit planet-planet yang tersisa. Mereka akan berubah menjadi bongkahan beku, mengorbit bintangnya yang menyusut.

Matahari telah bersinar selama 4,6 miliar tahun. Banyak hidrogen telah diubah menjadi helium di inti, di mana pembakarannya paling cepat. Helium tetap di sana, di mana ia lebih mudah menyerap radiasi daripada hidrogen. Ini meningkatkan suhu pusat dan meningkatkan kecerahan. Perhitungan model menyimpulkan bahwa Matahari menjadi 10 persen lebih terang setiap miliar tahun; karenanya sekarang setidaknya 40 persen lebih terang daripada saat pembentukan planet. Ini akan menghasilkan peningkatan suhu Bumi, tetapi tidak ada efek seperti itu yang muncul dalam catatan fosil. Mungkin ada efek termostatik kompensasi di atmosfer Bumi, seperti efek rumah kaca dan kekeruhan. Matahari muda mungkin juga lebih masif, sehingga lebih bercahaya, dan akan kehilangan massa awalnya melalui angin matahari. Peningkatan kecerahan matahari diperkirakan akan terus berlanjut karena hidrogen di inti habis dan wilayah pembakaran nuklir bergerak ke luar. “Setidaknya sama pentingnya untuk masa depan Bumi adalah fakta bahwa gesekan pasang surut akan memperlambat rotasi Bumi hingga, dalam empat miliar tahun, rotasinya akan sama dengan rotasi Bulan, berputar sekali dalam 30 hari kita saat ini.”⁶

Betapa pentingnya energi ini hingga Smil menyebut “Energi adalah satu-satunya mata uang universal: salah satu dari banyak bentuknya harus diubah untuk menyelesaikan sesuatu” (Smil, 2017). Lebih lanjut dijelaskan, manifestasi universal dari transformasi ini berkisar dari rotasi galaksi yang sangat besar hingga reaksi termonuklir di bintang. Di Bumi, mulai dari gaya pembentuk terra dari lempeng tektonik yang membelah dasar samudra dan menaikkan pegunungan baru hingga dampak erosif kumulatif dari tetesan air hujan kecil (seperti yang diketahui orang Romawi, *gutta cavat lapidem non vi, sed saepe cadendo*—Setetes air melubangi batu bukan dengan paksa tetapi dengan terus menerus menetes).

Kehidupan di Bumi—meskipun sudah puluhan tahun upaya untuk menangkap sinyal makhluk luar angkasa yang berarti, masih satu-satunya kehidupan di alam semesta yang kita ketahui—tidak mungkin tanpa konversi fotosintesis energi matahari menjadi phytomass (biomassa tumbuhan). Manusia bergantung pada transformasi ini untuk kelangsungan hidup mereka, dan lebih banyak lagi aliran energi untuk keberadaan mereka yang beradab. Seperti yang dikatakan Richard Adams (1982, 27), yang disitir Smil, “Kita dapat memikirkan pikiran secara liar, tetapi jika kita tidak memiliki sarana untuk mengubahnya menjadi tindakan, pikiran itu akan tetap menjadi pikiran. ... Sejarah bertindak dengan cara yang tidak terduga. Akan tetapi, peristiwa-peristiwa dalam sejarah harus memiliki struktur atau organisasi yang harus sesuai dengan komponen energiknya.”⁷

Tak pelak lagi apa yang dikemas dalam enam seri dari *Our Universe* di Netflix⁸ mengingatkan kembali matahari sebagai sumber energi yang menggerakkan bumi dan seisinya.

KAYU, API, DAN BAHAN BAKAR FOSIL

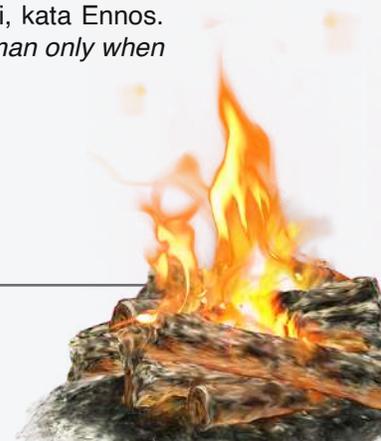
Bagaimana ceritanya manusia akhirnya sangat tergantung pada energy? Mungkin benar kata Ennos: Awalnya adalah kayu. Sebelum menjadi bahan bakar penting sumber energi, kayu berperan penting dalam perjalanan manusia. Dari awal manusia membangun peradaban yang kita kenal hingga saat ini.⁹ Dan akan tetap berlanjut hingga beberapa waktu yang akan datang.

Roland Ennos dalam bukunya *The Age of Wood* (2020) menjelaskan hubungan antara perkembangan manusia dengan pohon/kayu yang membuat evolusi peradaban yang berawal dari pemanfaatan kayu. Dalam paparannya Ennos menyebutkan bahwa bukti fosil menunjukkan nenek moyang kita memang mengalami perubahan bertahap pada anggota tubuh bagian bawah yang memungkinkan mereka melakukan kegiatannya dengan tegak pada dua kaki. Bahkan ketika bagian tubuh lainnya masih beradaptasi dengan kehidupan arboreal. Misalnya, *Orrorin tugenensis*, salah satu hominin paling awal pada fosil pohon, yang hidup sekitar 6 juta tahun lalu, memiliki kepala tulang paha yang membengkok ke dalam seperti manusia modern, menunjukkan bahwa itu adalah kemampuan bipedal (berjalan tegak pada dua kaki). Namun, ia masih memiliki jari tangan dan kaki yang melengkung ke dalam, adaptasi untuk berpegangan pada dahan pohon. Tulang pinggul dan kaki *Ardipithecus ramidus* yang berusia 4,4 juta tahun bahkan lebih beradaptasi untuk berjalan tegak, tetapi kakinya masih memiliki jempol kaki yang berlawanan, seperti kera besar, jadi ia juga beradaptasi dengan baik untuk berjalan berkaki empat dan memanjat kanopi hutan. Dan penemuan baru-baru ini di Jerman menunjukkan bahwa kemampuan untuk berjalan tegak di kanopi pohon mungkin telah berevolusi jauh lebih awal. Fosil kera berusia 12 juta tahun *Danuvius guggenmosi* memiliki tungkai bawah seperti *Ardipithecus*, menunjukkan bahwa bipedalisme mungkin berulang kali berevolusi di antara kera besar.

Paradoksnya, oleh karena itu, nenek moyang kita mengembangkan atribut, baik fisik maupun mental, yang mereka perlukan untuk berhasil di lapangan saat mereka masih berada di kanopi hutan. Namun, seperti yang akan kita lihat, perpindahan ke tempat terbuka masih belum selesai. Pada bagian lain dalam buku Ennos menunjukkan bagaimana hubungan (jenis) manusia dengan kayu untuk akhirnya turun dari pohon, menjaga kaki tetap di tanah, dan menjadi manusia sejati.

Bukti fosil sampai saat ini tentang penggunaan api pertama kali sekitar 2 juta tahun yang lalu sangat kuat. Tetapi ada sedikit bukti langsung berupa sisa-sisa api yang berhubungan dengan manusia purba. Bagi Ennos ini tidak mengherankan. Jejak sebagian besar sisa perapian menghilang dalam beberapa hari atau minggu, sementara gua, di mana sisa-sisa perapian diperkirakan bertahan lebih lama, jarang bertahan lebih dari seperempat juta tahun; mereka lapuk dari batuan dasar. Namun demikian, sejumlah situs mengejutkan mengandung bukti kayu yang terbakar yang dikaitkan dengan manusia dari 1,5 juta tahun yang lalu. Situs-situs ini berada di Afrika Timur di Koobi Fora dan di Chesowanja, sementara bukti konklusif pertama dari kebakaran yang dikendalikan manusia ditemukan di Gesher Benot Ya'aqov di Israel. Di situs berusia tujuh ratus ribu tahun ini, arang dan kayu ditemukan di beberapa tingkat, bersama dengan batu api dan kerikil yang terbakar, menandai potensi perapian.

Memang belum ada kepastian tentang kapan manusia pertama kali menggunakan api, kata Ennos. Namun Stephen J. Pyne (2001) bilang "*According to many myths, we became truly human only when we acquired fire.*"¹⁰



Ada suatu masa ketika Bumi tidak terbakar; saat oksigen tidak membasahi atmosfernya, saat tanaman tidak melapisi tanahnya. Tetapi selama lebih dari 400 juta tahun planet ini telah terbakar. Di beberapa tempat dan waktu, api telah memangkas dan menjarangkan flora; di tempat lain, ia telah memahat seluruh biota; karena hampir semua yang mengalami kebakaran itu seperti layaknya telah terjadi banjir dan gempa bumi, seperti angin, kekeringan, musim, perambahan, dan kilat yang terkait dengannya. Hampir sepanjang rentang kehidupan terestrial, api terus berlanjut, dalam berbagai tingkatan, sebagai keberadaan lingkungan, proses ekologis, dan kekuatan evolusioner. Bahan bakar, oksigen, panas—itu adalah segitiga api. Di berbagai waktu, permainan segitiga api bersifat siklik, tunggal, evolusioner, tetapi begitu tercipta, ia selalu bertahan.¹¹

Bahkan di planet yang khas seperti planet kita, kisah api itu istimewa. Api unik untuk Bumi dan penebuan kita terhadapnya unik bagi umat manusia. Meskipun eksplorasi ruang angkasa telah mengungkapkan bahwa planet lain memiliki beberapa komponen untuk pembakaran, tidak ada yang memiliki semuanya atau konteks yang digunakan untuk mencampurkan bahan bakar, oksigen, dan percikan ke dalam reaksi eksplosif yang kita sebut api. Demikian pula, sementara semua spesies mengubah tempat tinggal mereka dan banyak yang dapat mengubah lingkungan api, hanya manusia yang dapat, dalam batas tertentu, memulai dan menghentikan api semauanya.

Organisme lain dapat menghancurkan hutan, mencabut semak, menggunduli rerumputan, mempromosikan bibit, memilih satu tanaman daripada yang lain. Beberapa organisme berkembang biak di arang segar, beberapa mencari makan di antara abu dan berburu di sepanjang sisi api dan melalui awan asap, beberapa membakar diri dengan kekuatan yang memberi mereka keunggulan selektif dibandingkan dengan tetangga yang tidak terlalu rentan terhadap api, beberapa seperti tarsius Filipina mungkin bahkan menggenggam bara di cakarinya atau seperti layang-layang Australia merebut bara di cakarinya dan menyimpannya kembali di tempat lain, mungkin secara tidak sengaja, mungkin dengan sengaja. Simpanse yang kecanduan nikotin akan bermain-main dengan rokok yang terbakar. Tetapi hanya manusia yang dapat menyalakan api, mempertahankannya, dan menyebarkannya ke luar habitat alaminya. Hanya umat manusia yang menjadi, bagi biosfer, penjaga nyala api vital. Kisah Api adalah kisah tentang Bumi dan, seperti yang ditegaskan oleh mitos, kisah tentang diri kita sendiri.

Dalam buku yang berjudul *Fire: A Brief History*, Pyne menguraikan soal asal usul api. Sekitar 1,3 miliar tahun yang lalu, fotosintesis aerobik muncul, semakin membasahi udara bumi. Sekitar 600 juta tahun yang lalu, organisme terpilih belajar untuk mengeksploitasi oksigen yang mengelilinginya untuk memisahkan apa yang bergabung dengan fotosintesis. Respirasi aerobik menjadi umum, dan racun kimia berkembang menjadi kebutuhan biokimia.

Kimia respirasi adalah kimia pembakaran. Ketika hidrokarbon yang difotosintesis diguncang oleh kejutan yang tepat, mereka pecah menjadi karbon dioksida, air, dan melepaskan energi—semacam pembakaran yang “lambat”. Singkatnya, dilengkapi dengan enzim dan antioksidan khusus, organisme mengakomodasi suasana pengoksidasi sedemikian rupa sehingga mereka menetralkan reaksi yang berpotensi merusak dan kemudian menyerap dan mengarahkannya kembali ke tujuan mereka sendiri. Itu, dengan analogi, adalah apa yang juga dilakukan oleh kehidupan terestrial ketika ia menemukan dirinya direndam dalam oksigen dan diledakkan oleh kilat — suatu proses pembakaran “cepat” yang kita sebut api.¹²

Demikianlah tulis Payne berapi-api dengan buku tentang api.¹³

Namun, apa pun waktunya yang tepat, yang paling mencolok dari penelitian modern tentang manusia purba adalah bahwa kunci untuk menjadi terestrial adalah dengan memanfaatkan kayu, dan khususnya mengeksploitasi dua sifat yang secara kebetulan bermanfaat. Pada tahap pertama menjadi terestrial, hominin awal akan memanfaatkan kayu yang menjadi lebih kaku saat mengering, untuk membuat dan menggunakan tongkat penggali untuk mendapatkan sumber makanan baru mereka: organ penyimpanan bawah tanah. Pada tahap kedua, anggota awal dari genus *Homo* kita akan memanfaatkan kayu kering yang mudah terbakar untuk membuat api yang dapat melindungi mereka dari pemangsa dan memasak makanan mereka. Pelarian kami dari pohon secara paradoks dibantu oleh hubungan yang berkembang dengan bahan yang mereka buat: kayu.¹⁴ Inilah transformasi pohon menjadi energi melalui penemuan api yang kemudian memberi landasan penting peradaban manusia selanjutnya.

Peradabannya manusia dibangun dari kayu sebagai energi utama.

Setelah pohon ditebang, batangnya juga dapat dibelah secara longitudinal untuk membuat balok dan papan yang lebih tipis dan lebih bermanfaat. Cara termudah untuk membelah kayu adalah secara radial menjadi segmen-segmen berbentuk serupa kue pia, karena ke arah ini retakan membentang di antara sinar dan melalui inti yang lemah di tengah batang. Seluruh batang dapat dibelah dengan sangat mudah, dan menggunakan sedikit energi, hanya dengan memasukkan irisan kayu di ujung dan sisi dan memaluinya untuk membuka celah dan akhirnya membelah batangnya. Di Starr Carr, orang-orang telah membuat jalur ke tepi danau mereka menggunakan sebaris papan yang dibelah, ditempatkan dengan sisi datar menghadap ke atas. Dua bagian batang kayu juga dapat dipotong menjadi empat bagian dengan cara yang sama, dan kemudian menjadi irisan pia yang semakin kecil. Pada sebagian besar spesies pohon, batangnya juga dapat dipotong menjadi papan dengan membelahnya secara tangensial, meskipun proses ini agak lebih sulit dilakukan karena melibatkan pemotongan melalui sel sinar (the ray cell), dan membutuhkan lebih banyak energi. "Namun, pada tahun 2007 sepotong kayu ek sepanjang satu yard yang telah terbelah secara tangensial ditemukan dalam sedimen berumur delapan ribu tahun di Bouldnor Cliff di Isle of Wight, Inggris, menunjukkan bahwa orang Mesolitik telah menguasai teknik ini selama ribuan tahun. sebelum arkeolog berpikir itu mungkin." ¹⁵

Teknologi pengerjaan kayu yang baru juga memungkinkan orang meningkatkan mobilitas dan kecakapan berburu mereka dengan membuat dua jenis perahu yang sangat berbeda. Bukti menunjukkan bahwa perahu air pertama yang dikembangkan di hutan utara adalah perahu berbingkai kayu yang dilapisi kulit binatang. Perahu itu digunakan oleh pemburu rusa dan karibu yang dipaksa ke utara bersama mangsanya ke Skandinavia, Siberia, dan Kanada. Tidak ada perahu lengkap yang selamat, tetapi perahu kulit terbuka digambarkan pada pahatan batu di Norwegia. Ukiran dari Evenshus di Trondheimsfjord menunjukkan seorang pemburu dan hasil tangkapannya, sementara satu dari Kvalshund di Repparfjord menunjukkan dua pemburu di dalam perahu sedang berburu rusa yang sedang berenang. Bukti sebelumnya tentang cara orang Mesolitik berburu rusa dan sisa-sisa bagian dari perahu yang sebenarnya telah ditemukan lebih jauh ke selatan, di Jerman. Di situs berusia sepuluh ribu hingga sebelas ribu tahun di Ahrensburg, timur laut Hamburg, tengkorak rusa ditemukan dengan lubang di dahinya; ini disebabkan oleh pukulan dari salah satu kapak tanduk yang ditemukan di lokasi yang sama.

Para pemburu yang membunuhnya hanya bisa mendekati hewan yang sangat kuat ini jika mereka mendayung ke arahnya dengan perahu ketika hewan itu berenang melintasi bentangan air. ¹⁶



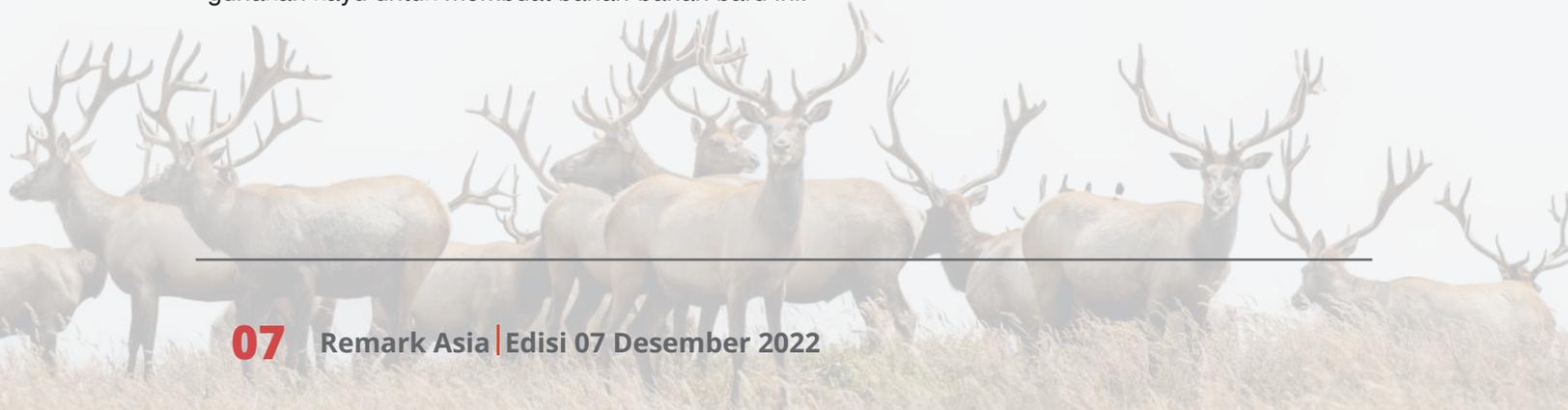
Menurut catatan Ennos, teknik ini, yang masih dipraktikkan oleh suku Inuit Amerika Utara untuk membunuh karibu, akan digunakan untuk mencegat migrasi rusa dan menyimpan persediaan daging yang dapat diawetkan dengan mengeringkannya atau mengasapinya. Sisa-sisa kerangka perahu asli dari milenium kesembilan SM digali di Husum di Schleswig-Holstein, dalam bentuk bagian tanduk yang melengkung. Dari fragmen ini, para ahli di Museum Bahari Jerman, Bremerhaven, merekonstruksi kapal tersebut. Mereka menggunakan anggota kerangka tanduk seperti yang telah ditemukan dan menggabungkannya ke lunas kayu yang terbuat dari potongan pohon birch yang bercabang dan potongan panjang pohon birch untuk menopang sisi persis seperti pembuatan kayak Inuit saat ini.

Perahu kayu paling awal yang ditemukan digali di dekat Pesse, di Belanda, dan bertanggal 6300 SM. Itu masih kecil, panjangnya hanya tiga yard dan dipotong dari pohon pinus dengan diameter hanya delapan belas inci. Itu pasti hanya cocok untuk satu orang. Tapi perahu kayu mungkin cukup umum saat ini. Papan terbelah di Bouldnor Cliff tampaknya hanyalah salah satu produk dari galangan kapal Mesolitikum. Dan perahu kayu yang lebih besar telah ditemukan dari situs-situs selanjutnya di seluruh Eropa, dan teknologi untuk membangunnya pasti berkembang pesat. Memang, pada milenium keempat SM, pembuat perahu kayu telah menyempurnakan desain untuk membuat kerajinan dari beberapa komponen; kapal kayu sepanjang tiga puluh tiga kaki dan lebar dua puluh enam inci yang ditemukan di Tybrind Vig, Denmark, memiliki bagian belakang lambung kayu kapur yang diperkuat dan dibuat kedap air dengan panel sisipan atau jendela di atas pintu di buritannya.

Perahu kayu pasti sudah umum di seluruh dunia, dari Amerika hingga Afrika dan Asia Tenggara, dan di beberapa tempat tetap menjadi bentuk transportasi utama hingga zaman modern. Di Eropa ada bukti bahwa perahu kulit dan perahu kayu memungkinkan orang berdagang barang jarak jauh; penemuan barang-barang yang jauh dari tempat asalnya telah dilakukan di sepanjang saluran air utama seperti sungai Rhine dan anak-anak sungainya dan menunjukkan bahwa bahkan pada tahap awal ini perahu kayu memungkinkan perdagangan jarak jauh dan merevolusi masyarakat. Dan bukti dari situs seperti Star Carr dan situs Dalton di Illinois menunjukkan bahwa orang-orang mulai menetap. Mereka berdagang barang daripada berpindah kamp.

Perahu-perahu ini pada jaman itu tentu energi yang digunakan adalah energi manusia. Dari menebang kayu, memotong dan membentuknya hingga menjalankan dengan mendayung. Energi paling awal yang dimanfaatkan manusia.

"Jika kapak batu yang dipoles adalah ikon Neolitikum, periode berikutnya—yang dikenal di Eropa sebagai Zaman Tembaga dan Perunggu—biasanya diwakili oleh persenjataan yang dapat dibuat orang menggunakan bahan-bahan baru ini," tulis Ennos menjelaskan tentang perkembangan selanjutnya dari teknologi berbasis kayu. "Belati adalah favorit tertentu, bersama dengan ujung tombak, perisai, dan helm. Seseorang akan berpikir dari fiksasi ini bahwa studi manusia yang benar adalah membunuh manusia lain, dan manfaat dari peradaban adalah bahwa manusia sekarang dapat melakukannya dengan lebih cepat dan efisien. Terlepas dari fakta bahwa nenek moyang kita dapat membunuh satu sama lain dengan sangat baik menggunakan senjata kayu dan batu—pentungan, tombak, serta busur dan anak panah, misalnya—kisah lain yang jauh lebih penting harus diceritakan tentang manfaat tembaga dan perunggu. Orang-orang di Timur Dekat dan Eropa mampu melebur dan membentuk logam. Mereka menerapkannya untuk tujuan yang lebih damai. Orang tidak hanya menggunakan kayu untuk membuat bahan-bahan baru ini."¹⁷



Evolusi keahlian dan daya adaptasi dengan lingkungan yang luar biasa membuat nenek moyang manusia bisa bertahan. Dari waktu ke waktu belajar memperbaiki cara menggunakan peralatan dan meningkat cara membuatnya dengan lebih baik. Misalnya sebagian besar mereka menggunakan bahan-bahan baru untuk memperbaiki cara memanen dan membentuk kayu. Paradoksnya, logam membuat orang menjadi lebih bergantung pada kayu dan menggunakannya jauh lebih banyak. Teknologi baru menyebar ke seluruh Asia, dan akhirnya ke Afrika; hasilnya adalah mengubah peradaban Dunia Lama dan memberi mereka keunggulan yang menentukan atas peradaban Dunia Baru.

Namun, kita mungkin tidak akan pernah bisa melebur logam jika bukan karena hubungan kita dengan bahan yang sangat berbeda: keramik. Bahkan sebelum orang menetap dalam komunitas petani, mereka pasti telah memperhatikan potensi manfaat dari tanah liat, bahan tanah umum yang paling jelas terlihat di sepanjang tepian sungai dan danau. Orang akan melihat betapa mudahnya tanah liat dibentuk saat basah, namun betapa sulitnya mengeras saat mengering. Tepat di seberang dunia prasejarah, orang menemukan cara untuk menggunakannya.

Tanah liat bisa ditampar di atas dinding anyaman untuk membuatnya tahan angin, atau bisa dibentuk menjadi batu bata yang bisa diperkuat dengan jerami dan dibiarkan kering di bawah sinar matahari. Rumah dengan dinding bata yang dijemur adalah umum di Bulan Sabit Subur sepanjang zaman Alkitab, di mana mereka menutupi kelangkaan kayu di wilayah tersebut, dan rumah yang dibangun dari batako masih digunakan di seluruh bagian dunia yang gersang. Tanah liat bahkan dapat digunakan dengan sukses di daerah yang lebih basah jika terlindung dari hujan. Rumah-rumah yang terbuat dari tongkol — pada dasarnya potongan-potongan batu dan lumpur yang dibentuk bersama — adalah hal biasa di Devon yang hujan, barat daya Inggris, di mana mereka ditutup dengan atap jerami yang sangat indah dan menggelikan yang menahan gerimis Devon yang lembut.

Namun, ada cara yang lebih baik untuk membuat batu bata tahan air: memanaskannya. Mineral lempung terdiri dari lempengan mika yang dalam keadaan alami terikat bersama dengan ikatan hidrogen yang relatif lemah; ini diperkuat atau dilemahkan dengan membuang atau menambahkan air. Namun, jika tanah liat dipanaskan hingga lebih dari 900°F, semua air yang terikat dalam struktur akan terlepas, dan ikatan permanen terbentuk di antara partikel tanah liat. Tanah liat diubah menjadi padatan seperti biskuit — gerabah — yang tidak terpengaruh oleh air, tetapi masih agak keropos dan lemah. Itu harus dipanaskan hingga lebih dari 1.800 ° F agar beberapa bahan kimia melebur atau vitrifikasi untuk membentuk bahan seperti kaca yang menyatukan partikel tanah liat dan membuat bahan baru — periuk — yang lebih kuat dan kedap air.

Bagi Ennos, kayu dan penggunaannya memberi banyak hal dalam peradaban manusia. Dan amat mengejutkan, tidak banyak berubah. Ada dua hal penting yang dicatat Ennos soal ini.

Pertama,

mereka menunjukkan betapa sedikitnya kehidupan manusia yang berubah dari awal Zaman Besi, sekitar tiga ribu tahun yang lalu, hingga revolusi industri, sekitar dua ratus tahun yang lalu. Mereka menunjukkan bahwa di banyak daerah pedesaan, kehidupan hampir sama seperti yang selalu ada dalam ingatan hidup; dan banyak bagian dunia yang tampaknya masih terjebak di masa praindustri.

Kedua,

mereka menunjukkan betapa kehidupan rakyat biasa bergantung pada kayu. Rumah mereka terbuat dari kayu atau setidaknya berbingkai kayu dan beratap sirap kayu.



Perabotan mereka hampir seluruhnya terbuat dari kayu—tempat tidur, meja, kursi, dan lemari—serta peralatan dapur mereka—tong, kendi, cangkir, mangkuk, dan sendok. Tempat penyimpanan bahan bakar di luar rumah mereka penuh dengan potongan kayu yang mereka bakar untuk menghangatkan diri dan memasak makanan mereka. Di ladang mereka, kendaraan—gerobak dan gerobak—semuanya terbuat dari kayu, begitu pula gagang perkakas mereka—bajak, garu jerami, cangkul, dan sabit mereka. Dan pembangkit listrik mereka — kincir air dan kincir angin — sebagian besar terbuat dari kayu. Bahkan beberapa barang yang tidak terbuat dari kayu semuanya dibuat menggunakan kayu itu. Alat pemotong besi dan panci serta wajan semuanya telah dilebur menggunakan arang; kain telah dipintal pada roda kayu yang berputar dan ditunen dengan alat tenun kayu; dan kulitnya telah disamak dengan kulit pohon.

Namun dalam banyak hal kayu adalah bahan yang tidak menjanjikan untuk membuat benda tiga dimensi yang rumit. Tidak seperti tanah liat atau logam, ia tidak dapat dibentuk menjadi bentuk tertentu; barang-barang kayu yang rumit harus dirakit dengan menggabungkan beberapa bagian yang lebih kecil atau diukir dari satu bagian besar. Dan karena kayu bersifat anisotropik—kayu jauh lebih lemah dan lebih rapuh pada seratnya daripada di sepanjangnya—kayu sulit untuk diukir dan rentan untuk dibelah. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika perkakas kayu yang telah kita lihat sejauh ini dalam buku ini—struktur panjang dan tipis seperti tombak, tongkat penggali, busur dan anak panah, dan perahu kayu—“terbuat dari cabang atau batang pohon yang sebagian besar tidak dimodifikasi. dan dirancang untuk menahan gaya tekuk seperti pohon dari mana mereka dibuat. Ini adalah bukti kecerdikan nenek moyang kita, dan manfaat logam baru — besi — bahwa mereka berhasil mengukir dunia kayu yang sama sekali baru untuk memberi mereka kehidupan yang hangat dan nyaman.

Orang pertama kali menggunakan besi sekitar 5.500 tahun yang lalu, ketika mereka menempa bongkahan besi meteorik yang langka menjadi bentuk untuk menghasilkan manik-manik dan barang berharga lainnya. Belati besi ada di antara benda-benda di makam Tutankhamen, misalnya. Namun, besi baru dilebur untuk pertama kalinya—seperti perunggu di tempat pembakaran arang—sekitar 1500 SM.¹⁸

Menurut Smil, ternyata lebih sulit membuat perkakas yang berguna dari logam baru ini daripada dari tembaga atau perunggu karena titik leburnya jauh lebih tinggi—lebih dari 2.200°F—sehingga tidak dapat dilebur dalam api arang dan dicetak menjadi cetakan; itu harus dipanaskan sampai suhu setinggi mungkin, sekitar 2.000 ° F, di mana titik itu cukup lunak untuk dibentuk. Namun, saat pandai besi menyempurnakan keahlian mereka, dua keuntungan muncul pada diri mereka sendiri.

Pertama,

logam baru memiliki sifat mekanik yang lebih baik daripada perunggu, terutama setelah dikerjakan, sehingga dapat dibuat menjadi alat pemotong yang lebih halus dan lebih tahan pakai. Secara kebetulan, dengan memukul besi di bengkel dan melipatnya, pandai besi memasukkan serat terak ke dalam besi, serat yang memperkuat logam seperti halnya serat selulosa memperkuat dinding sel kayu. Hasilnya adalah material—besi batangan—yang lebih tahan terhadap korosi daripada logam murni, dan jauh lebih kaku dan keras.

Kedua,

adalah bijih besi jauh lebih umum di kerak bumi daripada bijih tembaga dan timah, sehingga dapat ditambang dan dilebur secara lokal. Oleh karena itu, pandai besi dapat membuat perkakas besi jauh lebih murah daripada perkakas perunggu, sehingga teknologi besi menyebar dengan cepat.



Dimulai dengan penemuan peleburan besi di Timur Tengah, sekitar 1000 SM telah menyebar ke seluruh Eropa, mencapai Cina sekitar 700 SM, dan Afrika sub-Sahara antara tahun 200 M dan 1000 M. Menurut Smil, dalam hal penggunaan energi, termasuk membuat aneka peralatan dari logam, bahan bakar tradisional, termasuk kayu tidak efisien dan hanya cocok untuk masyarakat pra-industri. Kebutuhan bahan bakar itu biasanya hanya untuk memenuhi kebutuhan dasar belaka. Misalnya untuk memasak dua, tiga kali makan dalam sehari; dalam musim dingin untuk memanaskan ruangan sedikitnya sekali dan pada tempat-tempat lain digunakan untuk mengeringkan pangan dan pakan.

Lalu datanglah bahan bakar fosil itu, *Fossil Fuel*.

Inilah yang menjadi biang persoalan menurut Soeder (2022). Kesulitan kita saat ini dengan energi dan iklim berakar kuat pada praktik masa lalu Revolusi Industri dan kekuatan yang membentuk masyarakat teknologi modern kita.¹⁹ Tetapi juga kedatangan *Fossil Fuel* tak bisa dielakkan dengan nafsu kolonialisasi yang kemudian, dengan segala lukanya, membentuk dunia modern. Seperti ditulis Barak (2020) bahan bakar fosil dan imperialisme Barat diakui secara luas sebagai elemen kunci yang membentuk dunia modern dan dunia imperialisme. Hari ini, mereka juga diakui sebagai kekuatan utama yang mengancam keberadaan manusia di masa depan.²⁰ Pandangan yang amat berbeda dengan apa yang diargumentasikan oleh Epstein (2014 dan 2022), bahan bakar fosil adalah masa depan.²¹

Lihat saja Tabel 1. Negara-negara maju dan sisanya sejak 1750 hingga 2000 konsumsi energi utama terus meningkat. Energi utama ini adalah bahan bakar fosil.²² Penggunaan energi untuk pengolahan lahan juga makin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi yang digunakannya (Lihat Tabel 2.).

Tabel 1. Konsumsi Tahunan Rata-rata (GJ/capita) dari Energi Utama²³

	1750	1800	1850	1900	1950	2000
China	10	10	10	<15	<20	40
UK	30	60	80	115	100	150
France	<20	20	25	55	65	180
Japan	10	10	10	10	25	170
USA	<80	<100	105	135	245	345
World	<20	20	25	35	40	65



Industrialisasi dan imperialisme Inggris bukanlah proses yang terpisah: keduanya — tidak hanya yang pertama — didasarkan pada batu bara. Pada kuartal kedua abad ke-19, reorientasi bertahap industri batu bara Inggris dimulai, beralih dari konsumsi rumah tangga London dan menuju ekspor ke luar negeri. Antara tahun 1816 dan 1840, ekspor meningkat sebagai bagian dari output timur laut Inggris—yang terus meningkat hingga awal abad ke-20—dari kira-kira 4 persen menjadi hampir 13 persen. Pada tahun 1900, batu bara Inggris merupakan sekitar 85 persen dari seluruh perdagangan internasional. Inggris menggunakan ekspor batu bara untuk memproyeksikan kekuatannya, *offshoring* dan *outsourcing* Revolusi Industri dengan membangun infrastruktur yang dapat mendukungnya di luar negeri dan menghubungkannya dengan aspek lain dari proyek kekaisaran. Hal ini menghasilkan pengembangan “lanskap intensifikasi,” yang secara bersamaan merangsang peningkatan produksi serta penggunaan dan permintaan baru untuk batu bara Inggris, dan akhirnya juga untuk batu bara yang ditambang di luar negeri.²⁴

Bunker batubara memang didirikan di seluruh Kerajaan Inggris karena alasan lain dan seringkali lebih mendesak daripada hanya untuk mengisi bahan bakar. Motivasi yang paling jelas adalah ekspansi teritorial. Menganggap batu bara hari ini secara eksklusif sebagai sumber energi melewatkan bagian cerita yang penting ini, dan membuat kita terlibat dengan alasan imperialis abad ke-19. Bukan hanya kekuatan Eropa tetapi juga Kairo dan Istanbul yang memainkan permainan ini. Namun, Inggris biasanya bercokol pada posisi paling atas. Menguasai ombak di Mediterania dan Samudra Hindia dan menjadi pengeksport batu bara terbesar di dunia selama abad ke-19, Inggris secara teratur mendirikan depot batu bara untuk memperluas Kepulauan Inggris. Dengan demikian, neologisme “koalonialisme” berusaha untuk menangkap pertemuan energi dan kerajaan dan mengikat mereka secara analitis bersama. Secara bersamaan, ia juga berupaya mengasingkan dan melubangi gravitasi kedua konsep tersebut.²⁵

Tabel 2. Tenaga Maksimum dari Penggerak Utama Pekerjaan Lapangan Petani²⁶.

Year	Actions, prime movers	Power (W)
1700	Chinese peasant hoeing a cabbage field	50
1750	Italian peasant harrowing with an old weak ox	200
1800	English farmer plowing with two small horses	1,000
1870	North Dakota farmer plowing with six powerful horses	4,000
1900	California farmer using 32 horses to pull a combine	22,000
1950	French farmer harvesting with a small tractor	50,000
2015	Manitoba farmer plowing with a large Diesel tractor	298,000

“Kebanyakan orang dalam masyarakat praindustri harus menghabiskan hidup mereka sebagai petani, bekerja dengan cara yang di beberapa masyarakat sebagian besar tetap tidak berubah selama ribuan tahun. Tetapi surplus makanan yang tidak konsisten yang mereka hasilkan dengan bantuan beberapa alat sederhana dan pengerahan tenaga otot serta tenaga hewan mereka cukup untuk mendukung kompleksitas masyarakat perkotaan yang maju secara tidak merata. Secara fisik, pencapaian ini tercermin terutama dalam pembangunan struktur yang luar biasa (mulai dari piramida Mesir kuno hingga gereja Barok di era modern awal), peningkatan kapasitas dan jangkauan transportasi yang meningkat (mulai dari transfer beroda lambat di darat hingga kapal yang lebih cepat). mampu mengelilingi planet ini), dan perbaikan dalam banyak teknik manufaktur, dipelopori terutama oleh kemajuan dalam metalurgi.”

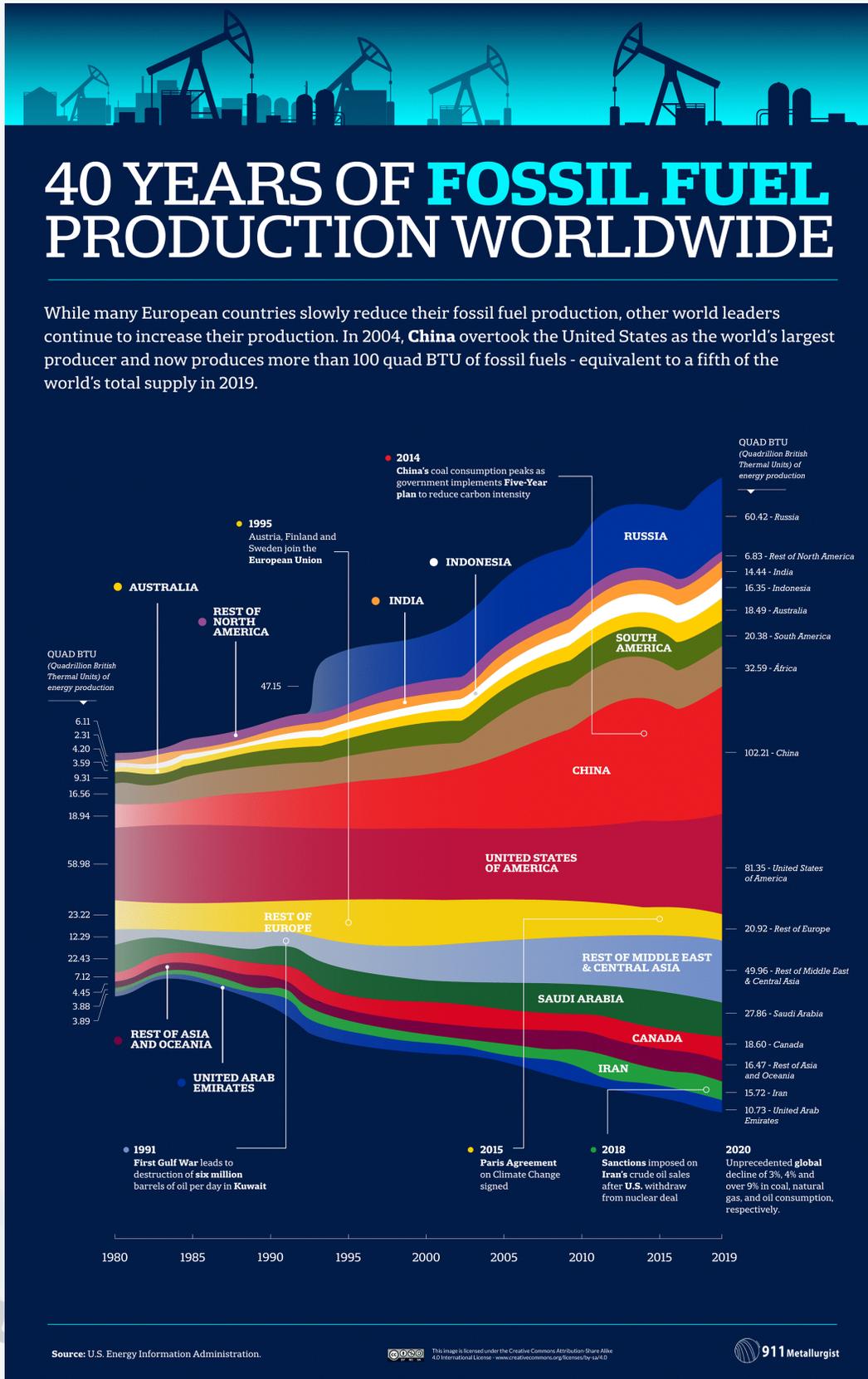
Energi fosil adalah perkembangan yang relatif baru dalam sejarah manusia. Selama ribuan tahun, sumber energi terbatas pada otot manusia dan hewan untuk transportasi, berburu, bercocok tanam, dan sebagian besar tugas kecil. Api dari pembakaran kayu atau arang digunakan untuk memanaskan, menerangi, memasak makanan, atau melebur logam, dan biji-bijian diproses menggunakan tenaga dari kincir air atau kincir angin. Meskipun orang-orang kuno menyadari keberadaan batu bara dan minyak bumi, ini biasanya tidak digunakan sebagai sumber energi.²⁷

Pada awal abad ketujuh belas, Inggris menghadapi kekurangan kayu. Pertumbuhan populasi, perluasan kota, perang, dan pembangunan banyak kapal untuk angkatan laut Inggris dan kapal dagang untuk pelayaran ke Dunia Baru telah menghancurkan hutan Inggris. Sebagai tanggapan, Raja James I mengeluarkan proklamasi kerajaan pada tahun 1615 yang mewajibkan kayu Inggris yang bagus, "tinggi dan besar dan melimpah" dan dengan "ketangguhan dan hati" disediakan untuk pembuatan kapal. Sebagai raja dari negara kepulauan, raja memahami bahwa mengawetkan kayu terbaik untuk kapal adalah masalah keamanan nasional. Kegunaan lain dari kayu dibatasi, dan dekrit tersebut secara khusus melarang penggunaan kayu secara boros untuk “melebur, membuat atau menyebabkan dilebur atau dibuat, segala jenis, bentuk atau gaya Kaca atau Gelas apa pun.” Industri pembuatan kaca Inggris, yang selama ini menggunakan api kayu untuk menghasilkan kaca dari pasir silika dan kalium tercanggih. Saat permintaan barang pecah belah dan botol meningkat, mereka tiba-tiba dilarang memproduksi produknya!²⁸

“Setiap buku tentang batu bara menekankan pentingnya batubara dalam pembuatan dunia modern karena batu bara menciptakan tenaga uap yang mendorong Revolusi Industri. Jevons benar ketika dia mengatakan bahwa Inggris pada akhirnya akan diambil alih sebagai produsen batu bara terbesar di dunia, dan masyarakat lain juga akan melihatnya sebagai pusat keberadaan mereka.²⁹

"Batubara membuat Amerika hebat. Bangsa kita dibangun di atasnya – secara harfiah dan kiasan ... Baik atau buruk, perolehan, pengangkutan, dan pemrosesan batubara membentuk perkembangan kota kita dan mengubah penampilan tanah. Batubara menentukan lokasi kota. Batubara mendikte rute kanal dan rel kereta api. Batubara mempengaruhi evolusi masyarakat. Sebagai pengakuan atas nilainya, bongkahan batubara kemudian disebut 'berlian hitam'. (Myers et al. 2017: 8)"

Konsumsi batubara bahkan hingga kini tidak bisa dianggap hanya sisa-sisa. Ketergantungannya masih tinggi. Setiap orang Amerika mengkonsumsi hampir 120 ton selama hidupnya. Memang konsumsi batubara lebih sedikit jika dibanding bahan bakar minyak yang mencapai 236.8 ton dan gas alam 2.000m³ selama hidup seseorang (Gambar 3).



Gambar 1. Produksi Bahan Bakar Fosil Dunia dalam 40 Tahun ³⁰

“Sepanjang sejarah, kekuatan global mengharuskan negara-negara memastikan pasokan komoditas terpenting mereka. Aktivitas di Antartika hanyalah salah satu contoh bagaimana energi menempati urutan teratas daftar ini untuk banyak negara pada tahun 2021. Setelah berabad-abad perubahan pola hidup manusia, sumber daya yang melimpah dan andal sekarang sangat diperlukan. Tangan tak terlihat yang memungkinkan ponsel, mobil, blender, dan pendingin udara kita, bagi banyak dari kita, energi tampaknya sama pentingnya dengan udara, makanan, dan air. Tanpa sumber daya tersebut, bagi sebagian besar dari kita, tampaknya manusia tidak dapat hidup. Oleh karena itu, negara-negara ini memandang sumber daya Antartika yang belum berkembang dengan waspada terhadap “pesaing” global. Ini hanyalah salah satu contoh dari perubahan radikal yang terjadi dalam cara manusia pada umumnya melihat tempat mereka di dunia.”³¹

“Semua proses alam dan semua tindakan manusia, dalam pengertian fisik yang paling mendasar, adalah transformasi energi. Kemajuan peradaban dapat dilihat sebagai pencarian penggunaan energi yang lebih tinggi yang diperlukan untuk menghasilkan panen makanan yang meningkat, untuk memobilisasi output yang lebih besar dan berbagai bahan, untuk menghasilkan barang yang lebih banyak dan lebih beragam, untuk memungkinkan mobilitas yang lebih tinggi, dan untuk menciptakan akses ke jumlah informasi yang hampir tidak terbatas. Pencapaian ini telah menghasilkan populasi yang lebih besar yang terorganisasi dengan kompleksitas sosial yang lebih besar menjadi negara-bangsa dan kolektif supranasional, dan menikmati kualitas hidup yang lebih tinggi. Menguraikan tonggak sejarah ini dalam hal sumber energi dominan dan penggerak utama terkemuka, seperti yang saya harap ditunjukkan buku ini, cukup mudah. Juga tidak sulit untuk menceritakan konsekuensi sosial ekonomi yang paling penting dari perubahan teknis ini.”³²

Bagi Smil, apa yang jauh lebih menantang adalah menemukan keseimbangan yang masuk akal antara melihat sejarah melalui prisma imperatif energi dan memberikan perhatian yang tepat pada banyak faktor non-energi yang selalu memulai, mengendalikannya, membentuk, dan mengubah penggunaan energi oleh manusia. Lebih mendasar lagi, paradoks dasar peran energi dalam evolusi kehidupan pada umumnya, dan sejarah manusia pada khususnya, juga perlu diperhatikan. Semua sistem kehidupan ditopang oleh impor energi yang tak henti-hentinya, dan ketergantungan ini tentu menimbulkan sejumlah kendala mendasar. Tetapi aliran energi yang menopang kehidupan ini tidak dapat menjelaskan keberadaan organisme itu sendiri atau kompleksitas tertentu dari organisasi mereka.



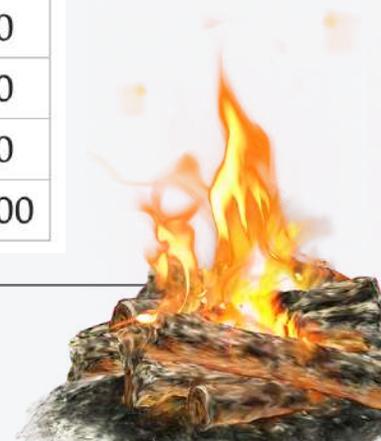
LALU BAGAIMANAKAH MASA DEPAN *FOSSIL FUEL*?

Mari kita lihat data. Dalam catatan Smil disebutkan pada tahun 2015 bahan bakar fosil masih menyumbang 86% dari energi primer dunia, hanya 4% lebih sedikit dari satu generasi yang lalu, pada tahun 1990.³³ Ada penurunan sedikit seperti disitir Buck. Tulis Buck, meskipun energi terbarukan berkembang pesat (Lihat Gambar 6), bahan bakar fosil masih menyediakan lebih dari 84 persen energi primer. Energi terbarukan (angin, matahari, dan bahan bakar nabati) berkembang pesat tetapi masih menyediakan hanya 5 persen, dengan tenaga air menyediakan 6,4 persen dan nuklir 4,3 persen. Pada saat yang sama, sekitar 770 juta orang di dunia tidak memiliki akses listrik, dan 2.6 miliar orang tidak memiliki akses ke energi untuk memasak bersih. Tantangannya, menurut Buck adalah meningkatkan akses ke energi sekaligus mendekarbonisasi. Menghentikan penggunaan bahan bakar fosil sebelum ada pilihan lain untuk menggantikan 84 persen penggunaan energi global ini membawa risiko nyata berlanjutnya atau memburuknya kemiskinan energi.³⁴ Lihat juga Gambar 1. Sementara Gambar 2 bisa dilihat produksi bahan bakar minyak dari beberapa negara. Amerika Serikat menduduki posisi teratas sebagai produsen minyak sekaligus juga produsen terbesar dengan 16.585.000 Barrels setiap hari. Sementara Saudi Arabia bercokol pada tempat teratas di regional Timur Tengah dengan produksi 10.954.000 Barrels setiap hari.

Epstein menegaskan argumen Fossil Futuranya bahwa dari data yang dikumpulkan tergambar bahwa dari tahun 1970-an hingga saat ini, bahan bakar fosil telah menjadi bahan bakar pilihan, terutama bagi negara-negara berkembang. Di Amerika Serikat antara tahun 1980 dan 2012, konsumsi minyak meningkat 8,7 persen, konsumsi gas alam meningkat 28,3 persen, dan konsumsi batu bara meningkat 12,6 persen. Selama periode waktu itu, penggunaan bahan bakar fosil dunia secara keseluruhan meningkat jauh lebih banyak. Saat ini dunia menggunakan minyak 39 persen lebih banyak, batu bara 107 persen lebih banyak, dan gas alam 131 persen lebih banyak dibandingkan pada tahun 1980. Makin berkembang teknologi transport sebagai sarana mobilitas maka energi yang dihisap juga makin banyak (Tabel 3). Ini tidak seharusnya terjadi.³⁵ Jika kita percaya pada pernyataan-pernyataan awal-awal dekade 1980-an seperti di paparkan Epstein dari para pengamat, para ahli dan aktifis yang menyatakan *Fossil Fuel* bakal segera berakhir.

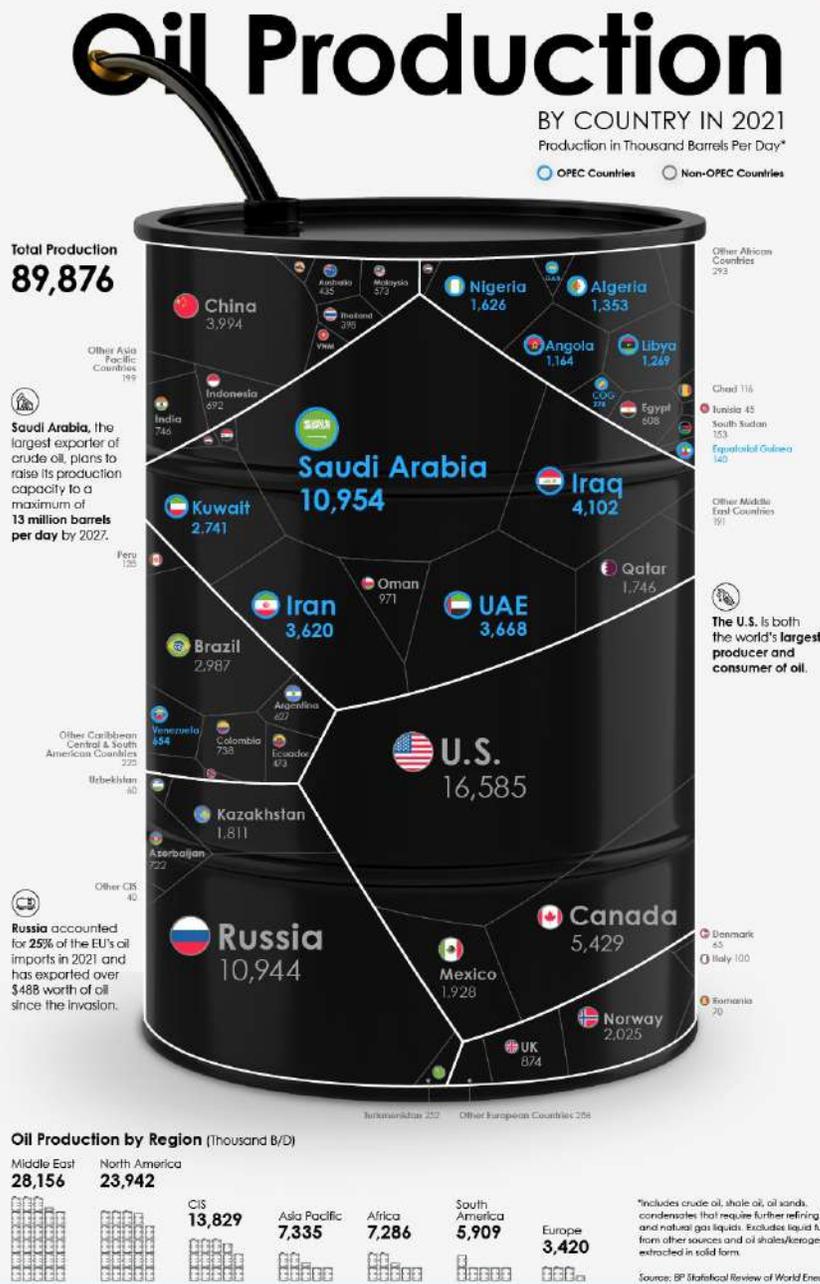
Tabel 3. Tenaga Maksimum dari Penggerak Utama untuk Transportasi Darat, 1700–2015 ³⁶

Year	Prime movers	Power (W)
1700	Two oxen pulling a cart	700
1750	Four horses pulling a coach	2,500
1850	English steam locomotive	200,000
1900	The fastest American steam locomotive	1,000,000
1950	Powerful German diesel locomotive	2,000,000
2006	French TGV train by Alstom	9,600,000
2015	N700 series high-velocity <i>shinkansen</i> train	17,080,000



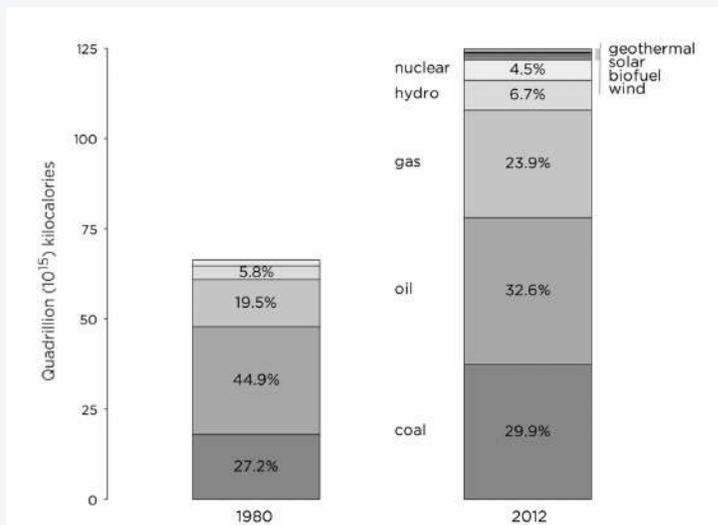
“Penambangan batu bara tumbuh 100 kali lipat, dari 10 Mt menjadi 1 Gt, antara tahun 1810 dan 1910; mencapai 1,53 Gt pada tahun 1950, 4,7 Gt pada tahun 2000, dan 8,25 Gt pada tahun 2015 sebelum sedikit menurun menjadi sekitar 7,9 Gt pada tahun 2015 (Smil 2010c; BP 2016). Ekstraksi minyak mentah meningkat sekitar 300 kali lipat, dari kurang dari 10 Mt pada akhir tahun 1880-an menjadi lebih dari 3 Gt pada tahun 1988; sebesar 3,6 Gt pada tahun 2000 dan hampir 4,4 Gt pada tahun 2015 (BP 2016). Produksi gas alam meningkat 1.000 kali lipat, dari kurang dari 2 Gm³ pada akhir tahun 1880-an menjadi 2 Tm³ pada tahun 1991; itu adalah 2,4 Tm³ pada tahun 2000 dan 3,5 Tm³ pada tahun 2015. Selama abad ke-20, ekstraksi global energi fosil meningkat 14 kali lipat dalam hal energi agregat.”³⁷

Gambar 2.
Produksi Bahan Bakar Minyak Negara pada 2021³⁷





Gambar 3. Konsumsi Bahan Bakar Fosil Selama Hidup Seseorang³⁹



Gambar 4. "80 Percent Increase in Worldwide Fossil Fuel Use 1980–2012"⁴⁰

Data itu menunjukkan masa depan adalah (masih) *Fossil Fuel*. Setidaknya menurut Epstein. Selama berabad-abad *Fossil Fuel* memberi begitu banyak manfaat bagi peradaban dan kebaikan manusia. Hingga saat ini, dan akan terus demikian pada masa yang akan datang. Diakui ada efek samping dan dampak negatif yang diketahui dari penggunaan *Fossil Fuel*. Tetapi manusia mempunyai segala kemampuan untuk menekan efek samping dan dampak yang tidak diinginkan, jika mau melakukannya.

Epstein mengakui bahwa secara khusus, dibutuhkan kebijakan baru dan lebih baik untuk mewujudkan tiga aspek kunci dari masa depan fosil yang berkembang yang ditahan oleh kebijakan saat ini: memberdayakan dunia yang tidak berdaya, mengembangkan alternatif, dan menangani efek samping dengan benar.

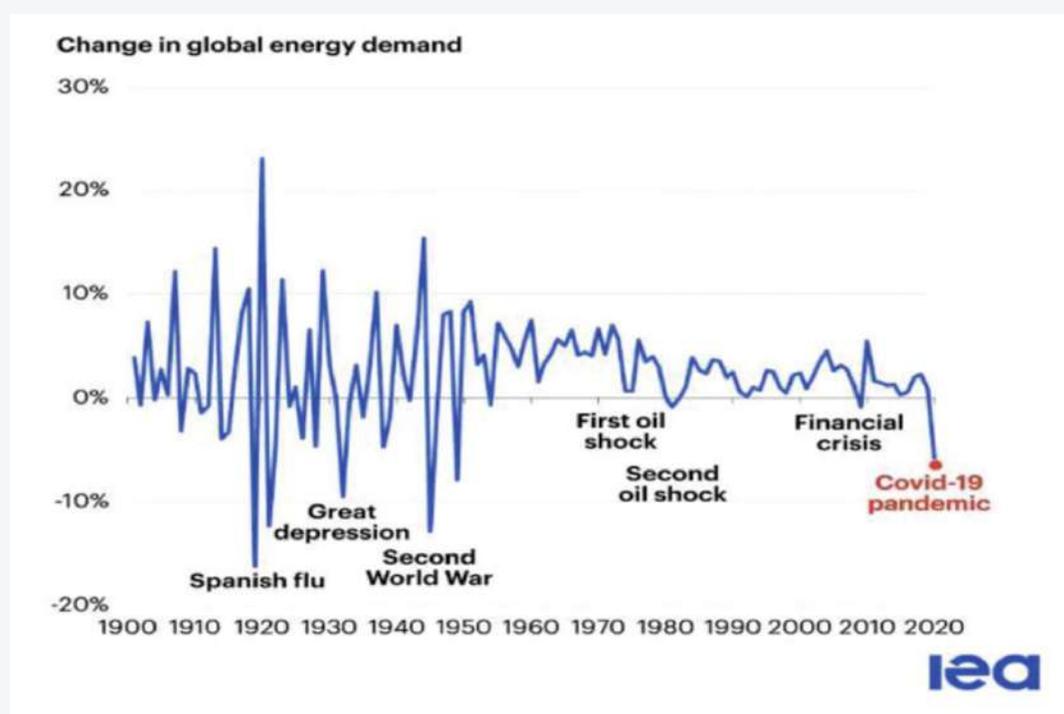
Memberdayakan dunia yang tidak berdaya: Sementara miliaran orang saat ini hidup di dunia yang berdaya, di mana tenaga kerja mesin berbahan bakar fosil menghasilkan makanan, perlindungan, dan peluang pemenuhan yang belum pernah terjadi sebelumnya, miliaran lainnya tidak hidup di dunia ini. Sangat penting untuk mengidentifikasi kebijakan apa yang menahan miliaran ini, dan perubahan apa yang dapat mengarah pada pemberdayaan manusia global.

Mendorong alternatif: Sangat penting untuk mengidentifikasi cara membebaskan penggunaan bahan bakar fosil sambil juga mendorong kemampuan alternatif seperti nuklir untuk menggantikan yang masuk akal saat ini dan untuk berkembang, jika mungkin, menjadi pengganti yang unggul di generasi mendatang.

Menangani efek samping dengan benar: Meskipun emisi CO₂ tidak boleh dibatasi, ada efek samping lain dari penggunaan bahan bakar fosil yang jelas harus dibatasi—seperti dalam situasi (termasuk di Cina) di mana pemerintah memberikan sanksi polusi udara dalam jumlah yang sangat besar dan sebagian besar dapat dicegah. Sangat penting untuk mengidentifikasi kebijakan apa yang harus diambil oleh pemerintah di udara, air, dan tanah yang secara rasional membatasi polusi tanpa menghilangkan manfaat energi bagi warga.

Buck (2021) tidak berharap demikian dengan segala argumennya. *Planned Phaseout Fossil Fuel* pilihan yang lebih disukai Buck.⁴¹

Pengakuan manfaat dan dampak Fossil Fuels bagi peradaban, seperti diuraikan panjang lebar oleh Epstein, Smil juga mengungkapkan hal yang serupa. Dengan beralih ke penyimpanan sumberdaya energi yang kaya ini, kita telah menciptakan masyarakat yang mengubah energi dalam jumlah yang belum pernah terjadi sebelumnya. Transformasi ini membawa kemajuan besar dalam produktivitas pertanian dan hasil panen; itu telah menghasilkan industrialisasi dan urbanisasi yang cepat, dalam perluasan dan percepatan transportasi, dan dalam pertumbuhan yang lebih mengesankan dari kemampuan informasi dan komunikasi kita; dan semua perkembangan ini telah digabungkan untuk menghasilkan tingkat pertumbuhan ekonomi yang tinggi dalam jangka waktu yang lama yang telah menciptakan banyak kemakmuran nyata, meningkatkan kualitas hidup rata-rata bagi sebagian besar penduduk dunia, dan akhirnya menghasilkan ekonomi jasa baru yang berenergi tinggi.



Gambar 5. Permintaan Energi Global dari 1900 to 2020. *Source* IEA (2020)⁴²

Tetapi penggunaan kekuatan yang belum pernah terjadi sebelumnya ini juga telah menimbulkan banyak konsekuensi yang mengkhawatirkan dan telah menghasilkan perubahan yang kelanjutannya dapat membahayakan fondasi peradaban modern. Urbanisasi telah menjadi sumber utama penemuan, kemajuan teknis, peningkatan standar hidup, perluasan informasi, dan komunikasi instan, tetapi juga menjadi faktor kunci di balik memburuknya kualitas lingkungan dan ketimpangan pendapatan yang mengkhawatirkan. Implikasi politik dari distribusi sumber daya energi yang tidak merata memiliki konsekuensi intra dan internasional mulai dari kesenjangan regional hingga melanggengkan rezim yang korup, dan seringkali tidak toleran atau langsung melakukan kekerasan.⁴³

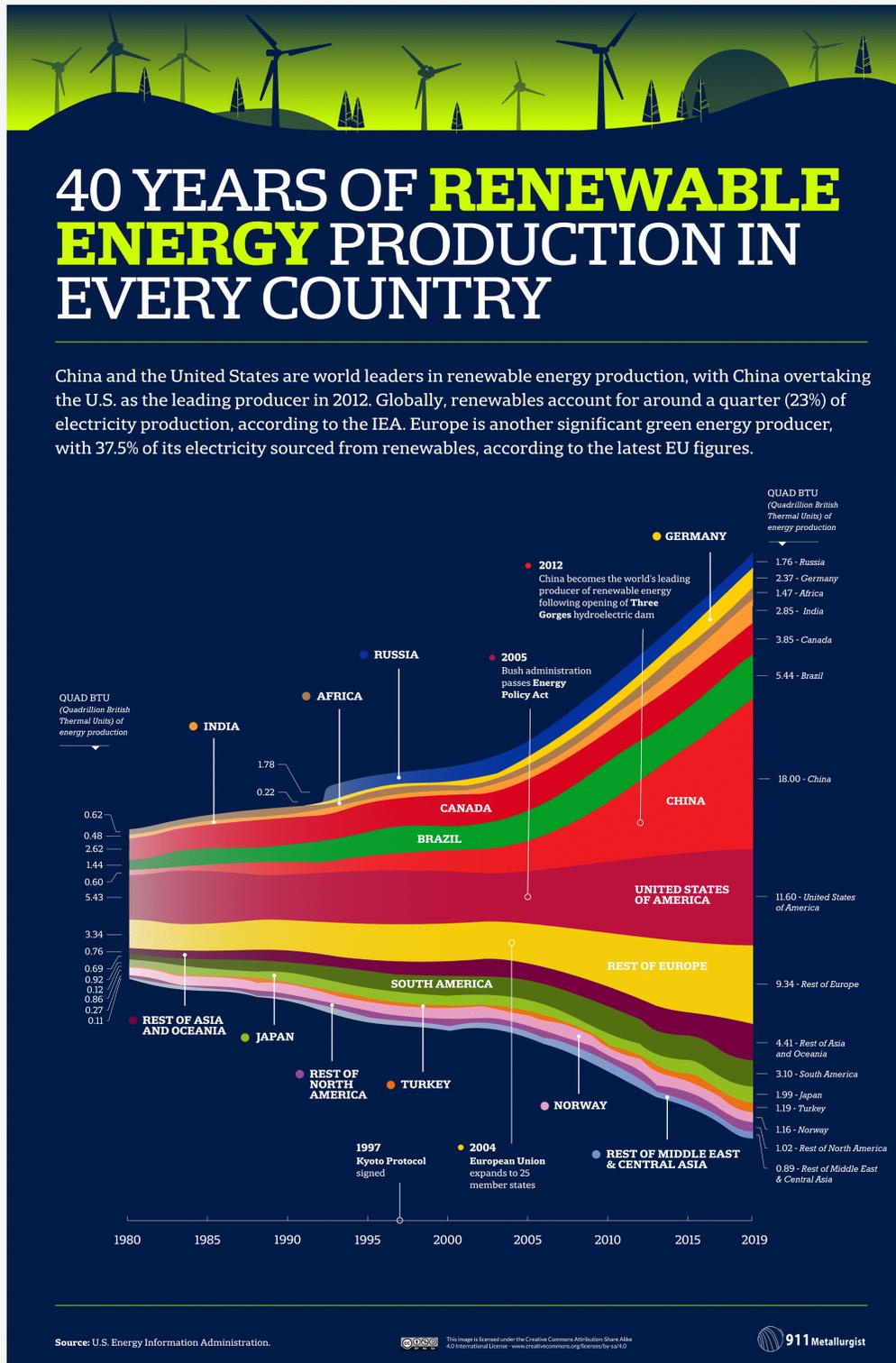
Senjata berenergi tinggi modern telah meningkatkan kekuatan destruktif negara dengan banyak urutan besarnya bila dibandingkan dengan kapasitas praindustri, dan karenanya konflik bersenjata modern telah melihat peningkatan yang sepadan tidak hanya di militer tetapi juga di korban sipil.⁴⁴

RISIKO DAN MASA DEPAN

Demikianlah kita menghadapi jaman yang sulit. Teknologi yang kita ciptakan--dan membuat peradaban--telah melahirkan risiko yang makin tinggi. Kita makin merasuk pada *the world of high-risk technologies*. Charles Perrow menyebutnya sebagai Normal Accidents--sebuah kecelakaan yang muncul dari kegagalan interaksi yang misterius, kegagalan yang beruntun yang tidak bisa diubah. Kegagalan satu menimbulkan kegagalan lainnya dalam sebuah sistem yang makin kompleks.⁴⁵

Semakin berkembang teknologi kita, sebagaimana terjadinya perang, dan ketika kita invasi alam, kita telah menciptakan sistem--organisasi, dan organisasi dari organisasi--yang meningkatkan risiko pada banyak pihak dan juga generasi mendatang.⁴⁶

Kebutuhan energi hingga saat ini adalah menjadi kondisi yang normal. Peradaban yang kita ciptakan dalam empat abad terakhir digerakkan dengan sejumlah energi. Memang hanya Covid-19 yang mampu meredakan sejenak segala mobilitas dan kecepatan bergerak--dan karenanya kebutuhan energi berkurang dari normal (Gambar 5). Namun kenormalan itu bagi Bren Brown utopia. Sebab kita, mestinya, tidak akan kembali normal. Normal tidak pernah ada. Keberadaan kita sebelum korona tidak normal. Sebab kita menormalkan keserakahan, ketidaksetaraan, kelelahan, penipisan, ekstraksi, pemutusan hubungan, kebingungan, kemarahan, penimbunan, kebencian, dan kekurangan. Kita seharusnya mengubah kenormalan yang buruk (ketidaknormalan) menjadi normal yang baik, normal yang sejati. Kita diberi kesempatan untuk normal yang membaik itu yang cocok bagi semua manusia dan alam. Tetapi nampaknya kita gagal.



Gambar 6. Produksi Energi Terbarukan Setiap Negara dalam 40 Tahun⁴⁷

Mungkin kita perlu merenungkan Miranda (2022) bahwa selama milenium terakhir, masyarakat manusia telah mengalami sejumlah transformasi radikal dan tidak dapat diubah. Transformasi radikal ini terjadi dalam interval kira-kira 250 tahun, sesuai dengan pencapaian besar manusia yang terjadi sekitar tahun-tahun penting 1500, 1750, dan 2000. Faktanya, pada tahun 1500 laut terbuka dan navigasi lintas samudera menjadi pencapaian besar bagi umat manusia dengan implikasi jangka panjang pada evolusi sosial, ekonomi, dan politik dunia berikutnya. Selain memberikan bukti yang tak terbantahkan bahwa dunia tidak datar, tetapi bulat, setelah ribuan tahun keterikatan pada budaya transportasi terestrial, kecuali untuk navigasi fluvial dan pesisir jarak pendek, umat manusia tiba-tiba memiliki sarana baru untuk eksplorasi.⁴⁸ Dan itu digerakkan oleh energi bahan bakar fosil.

Pada 250 tahun berikutnya, 2250, kita akan membayangkan generasi waktu itu mungkin mengalami kenaikan suhu bumi (*Global Warming*) seperti yang dikhawatirkan generasi saat ini. Namun juga mungkin saja akan terjadi sebaliknya: penurunan suhu bumi (*Global Cooling*) ketika penduduk bumi mengalami pertumbuhan negatif. Populasi penduduk bumi makin menyusut.⁴⁹ Penggunaan segala energi sangat berkurang. Bumi nampak kosong. Dan yang terjadi adalah global cooling seperti yang diperkirakan sebagian orang, termasuk John Ibbitson dan Darrell Bricker: *Empty Planet* (2019).⁵⁰

Sheikh Zaki Yamani (mantan Menteri Urusan Minyak Saudi Arabia) dalam *the Economist*, 23 October 2003 pesimisnya sangat berlebihan ketika dia mengatakan “[T]he Stone Age did not end for lack of stone, and the Oil Age will end long before the world runs out of oil.”⁵¹ Bahan bakar fosil masih menjadi raja energi. Bahkan COP27 di Mesirpun tidak mampu menghentikannya.

Entah bagaimana persisnya masa depan dengan atau tanpa Fossil Fuel itu. Mungkin perlu kita dengar ucapan Freeman dan episode berikutnya pada *Our Universe*, ketika kilas film menunjukkan janin meringkuk dalam rahim ibunya: “*Would any of us be here without time?*”

Ya, apakah ada di antara kita yang akan berada di sini tanpa waktu?⁵²



- 01 <https://www.netflix.com/id-en/title/81243961>. Our Universe, Film dokumenter terbaru Netflix terdiri dari enam bagian yang diwayatkan/dinarasikan oleh Morgan Freeman. Dalam serial ini kita melihat bagaimana pembentukan alam semesta, dan unsur-unsur yang membentuk tata surya kita secara khusus, menciptakan planet tempat kita hidup ini, penuh dengan jutaan, milyaran bahkan trilyunan bentuk kehidupan yang berbeda yang telah berevolusi selama jutaan dan miliaran tahun. Kedengarannya sangat luas cakupannya, tetapi pencipta serial ini, Naomi Austin, Stephen Cooter, dan Alice Jones, menyusun konsep universal ini, dengan menggunakan efek khusus CGI (Computer-generated imagery/CGI adalah penggunaan grafik komputer untuk membuat atau berkontribusi pada gambar dalam seni, media cetak, video game, simulator, dan efek visual dalam film, program televisi, celana pendek, iklan, dan video) yang spektakuler, dengan kisah masing-masing hewan di habitat aslinya.
- 02 <https://collider.com/our-universe-trailer-morgan-freeman-netflix/>. Netflix telah memiliki beberapa suara yang cukup terkenal yang menceritakan dokumenter alam mereka selama beberapa tahun terakhir. Dari gaya vokal yang menenangkan dari nama-nama besar termasuk Richard Attenborough (Our Planet) hingga mantan Presiden Barack Obama (Our Great National Parks), streamer secara konsisten menarik semua pemberhentian audiens mereka. Dalam Our Universe, Netflix telah menghadirkan suara terbesar dari semuanya — Morgan Freeman — untuk menceritakan kisah tentang bagaimana planet kita terbentuk dan bagaimana makhluk yang hidup di dalamnya telah membentuk masa lalu, sekarang, dan masa depannya. Dalam trailer (lebih lengkap jika menonton filmnya), kita bisa menikmati suara informatif Freeman disertai dengan jepretan satwa liar yang luar biasa. Melalui darat, laut, langit, dan luar angkasa, klip yang dibagikan dalam teaser mengungkapkan produksi yang menakutkan secara visual yang akan membawa penonton dalam perjalanan menemukan bagaimana selama 13,8 miliar tahun, kita telah “[mencapai] satu momen berharga ini dalam ruang dan waktu.” Selain reptil, burung, mamalia, dan tumbuhan dari jarak dekat, penyelaman dalam ke tata surya sangat menarik perhatian, dengan warna berputar-putar di sekitar kosmos. Satu hal yang pasti — jika Anda menyukai Planet Earth dan tidak pernah puas dengan konten serupa, Our Universe akan menjadi serial terbaik yang bisa dinikmati.
- 03 Paul Murdin. 2022. *The Universe: A Biography*. “London: Thames & Hudson Ltd.”
- 04 *ibid.*
- 05 *ibid.* Lihat pada Bab 7: “The Sun: A Star in Its Maturity.”
- 06 Nicholas Faulkner, 2019. *The Sun and the Origins of the Solar System* Encyclopædia Britannica, Inc.
- 07 Vaclav Smil. 2017. *Energy and Civilization*. Massachusetts Institute of Technology. “We can think thoughts wildly, but if we do not have the wherewithal to convert them into action, they will remain thoughts. ... History acts in unpredictable ways. Events in history, however, necessarily take on a structure or organization that must accord with their energetic components.”
- 08 <https://www.netflix.com/id-en/title/81243961>
- 09 Roland Ennos. 2020. *The Age of Wood*. New York: Scribner
- 10 Stephen J. Pyne. 2001. *Fire: A Brief History*. the University of Washington Press.
- 11 *ibid*
- 12 *ibid*
- 13 Stephen J. Pyne menulis buku lengkap tentang api dalam serial yang disebut *Cycle Of Fire*. *Cycle of Fire* adalah rangkaian buku yang secara kolektif menceritakan kisah tentang bagaimana api dan manusia telah berinteraksi untuk membentuk Bumi. “Siklus” adalah deskripsi yang tepat tentang bagaimana fungsi api di alam. Namun “siklus” juga memiliki konotasi mitis: sekumpulan saga yang menceritakan kehidupan seorang pahlawan budaya. Di sini peran itu milik api. Mencakup semua benua dan selama ribuan tahun, Siklus menunjukkan Bumi sebagai planet api di mana kehidupan terestrial berbasis karbon dan atmosfer yang kaya oksigen telah bergabung untuk membuat pembakaran dasar dan tak terelakkan. Demikian pula, Siklus mengungkapkan manusia sebagai makhluk api, bergantung secara bergantian dan terancam oleh monopoli mereka atas pembakaran. Kepemilikan api memulai dialog besar umat manusia dengan Bumi. *Cycle of Fire* menceritakan, untuk pertama kalinya, kisah epik itu. *Cycle Of Fire* terdiri dari:
Fire: A Brief History
World Fire: The Culture of Fire on Earth
Vestal Fire: An Environmental History, Told through Fire, of Europe and Europe’s Encounter with the World
Fire in America: A Cultural History of Wildland and Rural Fire
Burning Bush: A Fire History of Australia
The Ice: A Journey to Antarctica
Siklus Api adalah bagian dari *Buku Lingkungan* Weyerhaeuser, diterbitkan oleh University of Washington Press di bawah redaktur umum William Cronon.

- 14 Ennos, 2020
- 15 Roland Ennos. 2020. *The Age of Wood*. New York: Scribner
- 16 *ibid*
- 17 *ibid*
- 18 *ibid*
- 19 Daniel Soeder. 2022. *Energy Futures: The Story of Fossil Fuel, Greenhouse Gas, and Climate Change*. Springer Nature Switzerland AG
- 20 On Barak. 2020. *Powering Empire : How Coal Made the Middle East and Sparked Global Carbonization*. Oakland, California: University of California Press. Buku ini mengupas dengan dalam tentang sejarah muncul dan menyebarnya batubara sebagai bahan bakar modernisasi, globalisasi dan imperialisme. Ini adalah buku tentang batu bara, lambang sumber energi. menurut Barak, ini juga merupakan buku melawan energi, esensi yang dianggap transparan dan ambien dari semua kekuatan motif, yang menguapkan materialitas dan spesifisitas. Untuk membahas batubara lebih dari sekadar bahan bakar— bahkan untuk memahami lebih lengkap bagaimana penggunaannya sebagai bahan bakar memengaruhi domain lain—penting untuk mengesampingkan energi. Apa cara yang lebih baik untuk mengenali dan menolak abstraksi energi selain dengan memahami sejarahnya atau apa yang disebutnya sebagai historicizing, menyejarahkannya?
Energi adalah anak pada masanya, abad kesembilan belas, meskipun pura-pura abadi. Bagi Barak ada upaya mengaburkan fakta bahwa pengenalan batubara dengan ekspor ke negara-negara lain dari tanah British telah memicu revolusi imperialisme kapal uap dan akhirnya menghidupkan pertambangan batu bara di Kekaisaran Ottoman, serta di India, Cina, dan di tempat lain. Menempatkan "berlian hitam" di wilayah Ottoman dalam perjalanan ke Permata Mahkota India Inggris (the British Indian Crown Jewel) memungkinkan ekonomi bahan bakar fosil global untuk bangkit dan terbentuk selama abad kesembilan belas yang panjang. Penemuan "emas hitam" cair di wilayah ini pada awal abad ke-20 adalah salah satu warisan dari perikop ini. Memang, di bawah tanda imperialisme berbahan bakar fosil Inggris di latar ini, batu bara (baik impor maupun lokal) diubah dari "batu hitam" yang tidak berguna menjadi "harta karun" yang berharga, mengubahnya menjadi sumber daya yang dapat dikelola oleh Etika Islam dan kapitalis, yang terkadang saling bersaing dan terkadang saling melengkapi. Dengan demikian, selain perannya yang akrab dalam memicu industrialisasi di Eropa Barat, batu bara yang diangkut dari Eropa ke daerah penghasil minyak saat ini menggerakkan sirkulasi dan perhitungan penting namun mengabaikan, yang menghubungkan dunia dengan serat karbon yang tahan lama (durable carbon fiber). Pada dasarnya, ini adalah dasar sejarah global dari pemanasan global kita saat ini.
- 21 Alexander J. Epstein. 2014. *The Moral Case for Fossil Fuels*. New York, New York: Portfolio/Penguin. Alexander J. Epstein. 2022. 2022. *Fossil Future: Why Global Human Flourishing Requires More Oil, Coal, and Natural Gas—Not Less*. New York, New York: Portfolio/Penguin. Dua buku Epstein mengupas dengan konsisten pandangannya yang berbeda dengan pandangan umum tentang masa depan Fossil Fuel, bahan bakar berbasis fosil. Bagi Epstein berdasarkan riset dan pengamatan yang mendalam dan lengkap masa depan adalah Fossil Fuel. Banyak hal yang bisa dimanfaatkan dan akan makin besar manfaatnya bagi kemaslahatan manusia dan peradaban.
- 22 Vaclav Smil. 2017. *Energy and Civilization*. Massachusetts Institute of Technology
- 23 *ibid*.
- 24 Barak, 2020.
- 25 Barak, 2020.
- 26 *Ibid*.
- 27 Smil. 2017.
- 28 Soeder. 2022
- 29 Derrick Price. 2019. *Coal Cultures*. Great Britain: Bloomsbury Visual Arts. Buku ini sebetulnya merupakan buku fotografi tentang pertambangan batubara. Tetapi ia juga memuat dengan cukup lengkap tentang pertambangan batubara sendiri yang marak terjadi di Amerika dan Eropa pada awal abad 17 pada gemuruhnya era industrialisasi. Menurut Price, ini adalah buku tentang batubara, tetapi juga tentang fotografi. Sejak awal, fotografi berkepentingan untuk mengungkap tempat-tempat tersembunyi dan gelap di dunia. Kota-kota besar dijebak untuk selalu memberi gambaran

kehidupan orang miskin dan orang yang direbut. Masyarakat adat di seluruh dunia terekam kamera, begitu pula reruntuhan mulia dari peradaban yang hilang dan hal-hal kecil dari sejarah alam. Namun, bagi fotografer awal, tambang batubara merupakan tantangan tersendiri. Mereka secara sosial dan geografis jauh dari pusat-pusat kekuasaan, dan sulit untuk memotret karya itu sendiri, karena itu terjadi di bawah tanah di gua-gua gelap yang sering mengandung gas yang mudah terbakar. Namun demikian, ada banyak gambaran awal tentang tambang batubara, penambang, komunitas batubara, dan pekerjaan bawah tanah. Ini bukanlah gambar pertambangan yang pertama, karena sejak abad ke-18 terdapat banyak lukisan, ukiran, dan gambar bangunan tambang, meskipun sering digambarkan dari gaya estetika yang menekankan keharmonisan mereka dengan pemandangan pedesaan di sekitarnya, daripada perpecahan/perselisihan yang ditimbulkan. Fotografi mematahkan anggapan bahwa pertambangan adalah kegiatan yang mungkin dengan mudah berdampak dengan kegiatan pertanian dan pedesaan.”

30 VisualCapitalist.Com

31 Brian C. Black. 2022. *To Have and Have Not: Energy in World History (Exploring World History)*. Rowman & Littlefield. Menurut pandangan Black sepanjang sejarah, kekuatan global mengharuskan negara-negara memastikan pasokan komoditas terpenting mereka. Aktivitas di Antartika, misalnya, hanyalah salah satu contoh bagaimana energi menempati urutan teratas daftar ini untuk banyak negara pada tahun 2021. Setelah berabad-abad perubahan pola hidup manusia, sumber daya yang melimpah dan andal sekarang sangat diperlukan. Tangan tak terlihat yang memungkinkan ponsel, mobil, blender, dan pendingin udara kita, bagi banyak dari kita, energi tampaknya sama pentingnya dengan udara, makanan, dan air. Tanpa sumber daya tersebut, bagi sebagian besar dari kita, tampaknya manusia tidak dapat hidup. Oleh karena itu, negara-negara ini memandang sumber daya Antartika yang belum berkembang dengan waspada atas kemungkinan adanya “pesaing” global. Ini hanyalah salah satu contoh dari perubahan radikal yang terjadi dalam cara manusia pada umumnya melihat tempat mereka di dunia.

32 Vaclav Smil. 2017. *Energy and Civilization*. Massachusetts Institute of Technology

33 *ibid*

34 Holly Jean Buck. 2021. *Ending Fossil Fuels: Why Net Zero Is Not Enough*. London-New York: Verso

35 Alexander J. Epstein. 2014

36 Vaclav Smil. 2017.

37 *ibid*

38 VisualCapitalist.

39 Element.visualcapitalist.com

40 Alexander J. Epstein. 2014. *The Moral Case for Fossil Fuels*. New York: the Penguin Group

41 Holly Jean Buck. 2021. Dalam bukunya ia menguraikan mengapa pilihan Phaseout of Fossil Fuels lebih baik daripada dua lainnya: Managed decline of Fossil Fuels atau Energy transition. Lalu ia menguraikan bagaimana strategi phaseout itu bisa dilakukan. Pertimbangan-pertimbangan apa saja yang harus diperhatikan.

42 Dawn of a New Age dalam A. S. Okoh. 2021. *Oil Mortality in Post-Fossil Fuel Era Nigeria*. Springer Nature Switzerland AG, https://doi.org/10.1007/978-3-030-60785-2_1

43 Vaclav Smil. 2017.

44 *ibid*

45 Charles Perrow. *Normal Accidents: Living with High-Risk*

46 *ibid*

47 VisualCapitalist.com

48 Baca misalnya Luiz C. M. Miranda. *Energy and Climate Changes Along the Last Two Hundred Years: Logistic Modeling*, pp. 139-165 dalam T. C. Devezas et al. (eds.), *2022 Global Challenges of Climate Change, Vol.1*, Springer Nature Switzerland AG. *World-Systems Evolution and Global Futures*, https://doi.org/10.1007/978-3-031-16470-5_10

49 Lihat catatan Dwi R. Muhtaman. *Ketika Delapan Milyar Menghuni Bumi*. *Sustainability 17A #41*, November 2022. Dengan mengutip John Ibbitson dan Darrell Bricker yang berbekal banyak data populasi penduduk dunia akan menunjukkan penurunan. Tahun 2100 adalah saat pertumbuhan penduduk mulai stabil dan kemudian berangsur-angsur menurun. Implikasinya adalah masa depan berada di mana banyak umat manusia yang

menyusut, tinggal di gedung-gedung apartemen bertingkat tinggi di kota-kota besar, dengan sebagian besar tanah di antara kota-kota kembali menjadi semak. Hutan hujan tropis dan hutan boreal utara akan meluas, menangkap karbon dan menyumbangkan oksigen. Bentuk energi terbarukan akan mengurangi dan pada akhirnya menghilangkan kebutuhan akan bahan bakar fosil. Urbanisasi, inovasi, dan depopulasi mungkin menjadi solusi terbaik untuk menghentikan laju perubahan iklim. Jika beruntung, bayi yang lahir hari ini—atau paling buruk yang lahir satu atau dua dekade dari sekarang—akan mencapai usia paruh baya di dunia yang lebih bersih dan lebih sehat.

- 50 John Ibbitson dan Darrell Bricker: *Empty Planet: The Shock of Global Population*. New York: Crown Publishers, 2019
- 51 Dawn of a New Age dalam A. S. Okoh. 2021. *Oil Mortality in Post-Fossil Fuel Era Nigeria*. Springer Nature Switzerland AG, https://doi.org/10.1007/978-3-030-60785-2_1
- 52 <https://decider.com/2022/11/22/our-universe-netflix-review/>



VISI

Menjadi sebuah perusahaan terkemuka dalam konsultasi pengelolaan sumberdaya alam yang berkelanjutan dan pelayanan sertifikasi dan inspeksi dengan pengetahuan yang mendalam pada kawasan Asia, dipercaya, profesional dan fokus pada pelanggan.

Bagi Remark Asia sustainability bukan hanya sebuah assignment tapi lebih dari itu, memastikan sustainability dari aspek bisnis klien, dan juga sustainability dalam semua aspek yang melingkupinya. Kami percaya bahwa sustainability hanya bisa dicapai apabila dimulai dari dalam diri Sebagai konsultan, kami memberi nilai lebih kepada klien dan masyarakat sebagai hal yang utama. Bagi kami sosok konsultan haruslah yang memiliki disiplin efektif dan efisien eksploratif interaktif menghargai kerja tim dan sadar akan sustainability dalam berperilaku.

MISI

Memberikan layanan jasa konsultasi pengelolaan sumberdaya alam yang berkelanjutan dan jasa sertifikasi dan inspeksi yang berkualitas tinggi, dipercaya dan profesional.

TENTANG PENULIS

Dwi R. Muhtaman adalah "*Co-Founder* dan *CEO* Remark Asia Group, sebuah perusahaan konsultan untuk *sustainability*. Lebih dari 20 tahun berkarya pada isu-isu sosial dan lingkungan berkaitan dengan *sustainability*. Pendidikan di *IPB University* dan *Master's of Public Administration* dari *Auburn University, Alabama, USA*. *Co-Founder* dan Ketua Yayasan Lembaga Alam Tropika Indonesia (*LATIN*), sebuah Lembaga Swadaya Masyarakat yang mendukung *gerakan community forestry*.

Kontak email: dwi.muhtaman@re-markasia.com



CU17A

Jl. Ciremai Ujung No 17A Kelurahan Bantar Jati, Bogor - Jawa Barat, Indonesia 16153

✉ re-markasia@re-markasia.com

☎ +62 251 8359766 @ [remarkasia](#)

🌐 re-markasia.com f [Remark Asia](#)

