

sehingga mampu mengendalikan harga minyak global¹. OPEC didominasi negara-negara anggota dari Timur Tengah seperti Saudi Arabia, Irak, Iran, Uni Arab Emirat, Kuwait dan Qatar yang secara politis kerap tidak sejalan. Akibatnya, OPEC yang semula dibentuk untuk menjaga stabilitas malah terkadang menjadi sumber instabilitas pasar minyak global.

Ketiga, politisasi minyak melalui praktik embargo yaitu pembatasan atau pelarangan transportasi minyak bumi keluar dari atau masuk ke suatu negara atau kawasan dengan menetapkan regulasi atau kekuatan militer. Embargo dapat menyebabkan gejolak pasokan minyak bumi di pasar dunia yang bahkan dapat menimbulkan guncangan hebat atau krisis pasar minyak bumi global. Insiden embargo minyak bumi yang cukup besar ialah perang China –Jepang 1937-1945, perang 6 hari Israel-Arab 1967, perang *Yom Kippur* 1973, Revolusi Iran 1979 dan perang Iran-Irak 1980, serta embargo atas Iran 2012-2020 sebagai tindak lanjut sanksi PBB terkait pengembangan nuklir Iran.

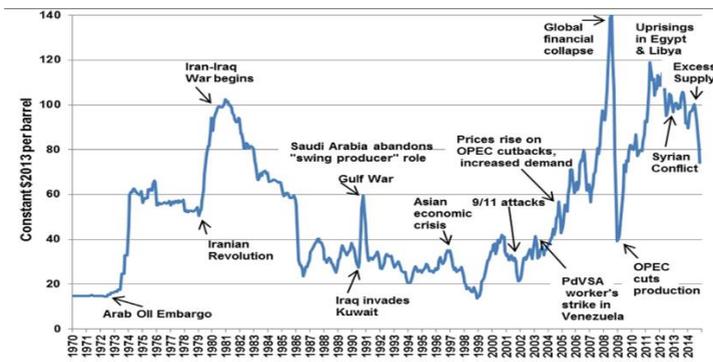
Instabilitas sisi permintaan dapat terjadi karena adanya negara yang memiliki kebutuhan energi yang sangat besar, utamanya negara-negara industri maju seperti Amerika Serikat, Uni Eropa, China, dan Jepang. Mereka ini mampu mempengaruhi pasar dunia secara signifikan. Dinamika ekonomi negara-negara maju tersebut berpengaruh besar terhadap fluktuasi permintaan terhadap harga minyak dunia. Krisis ekonomi berdampak pada anjloknya permintaan dan harga

¹ OPEC dibentuk pada tahun 1960. Indonesia bergabung dengan OPEC pada 1962 namun keluar pada 2009 setelah Indonesia menjadi importir netto minyak bumi. Indonesia bergabung kembali pada Januari 2016 namun keluar lagi pada 2016 karena tidak bersedia mengikuti kesepakatan pengurangan produksi dalam rangka mendukung harga minyak kasar di pasar global. Anggota aktif hingga 2019 ini adalah 13 negara. (Amadeo, 2019).

minyak dunia. Sebaliknya, krisis minyak global yang diindikasikan oleh melonjaknya harga minyak global berdampak pada anjloknya pertumbuhan negara-negara maju dan dunia secara umum.

Persoalan semakin rumit manakala permintaan juga mengalami politisasi seperti embargo pasokan. Embargo adalah kejadian dimana suatu atau sekelompok negara melarang atau membatasi impor minyak bumi dari suatu atau sekelompok negara tertentu karena alasan politik. Secara teori, embargo permintaan juga dapat membatasi impor minyak bumi sehingga harga minyak dunia menurun. Namun dalam praktiknya, hingga kini belum ada embargo khusus permintaan minyak. Embargo permintaan biasanya dikaitkan dengan embargo pasokan atau transportasi.

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa pasar minyak global memang volatil dan kerap bergejolak. Akar penyebabnya tidak saja volatilitas fundamental pasar tetapi juga konsekuensi dari politisasi pasar. Gejolak pasar dari sisi penawaran biasanya terjadi akibat embargo terkait dengan perang atau krisis sosial politik sedangkan gejolak dari sisi permintaan biasanya terjadi akibat gejolak ekonomi.



Gambar 7. Dinamika minyak dunia dan kejadian luar biasa penyebabnya (Shea, 2019)

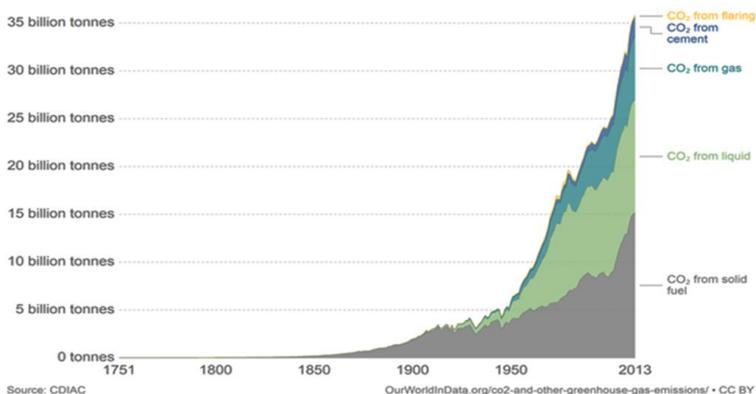
Pada intinya, pasar minyak bumi global volatil dan kerap bergejolak sehingga dapat diandalkan sebagai sumber pasokan energi bagi suatu negara. Setiap negara perlu menghindari ketergantungan pada pasokan minyak bumi impor. Dan salah satu strategi untuk itu ialah mengurangi kontribusi minyak bumi pada bauran energi nasional melalui peningkatan produksi energi terbarukan, utamanya *biofuel*.

Pencemaran Lingkungan

Karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), dan nitrogen oksida (NO_x) adalah gas terbanyak dari buangan pembakaran bahan bakar fosil. Ketiga jenis gas tersebut tergolong sebagai gas rumah kaca (GHG = Greenhouse gas), yakni gas yang mengabsorpsi dan memancarkan radiasi panas sehingga menciptakan efek rumahkaca (*greenhouse effect*). CO₂ berfungsi untuk mempertahankan suhu bumi. Tanpa CO₂ suhu bumi akan terlalu dingin, namun terlalu banyak GHG akan menyebabkan suhu bumi terlalu panas. Emisi CO₂ memutus siklus karbon sehingga mendorong peningkatan suhu global yang selanjutnya berdampak pada aneka perubahan iklim dan lingkungan hidup. Peningkatan CO₂ di atmosfer merupakan salah satu penyebab utama perubahan iklim yang mengancam kelestarian lingkungan hidup global.

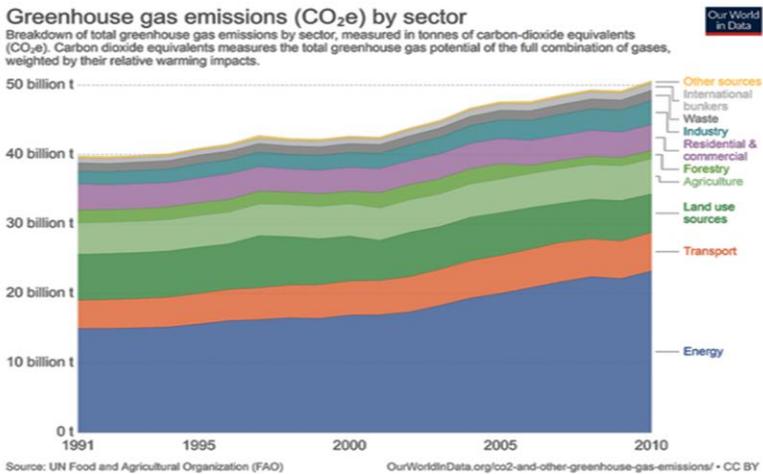
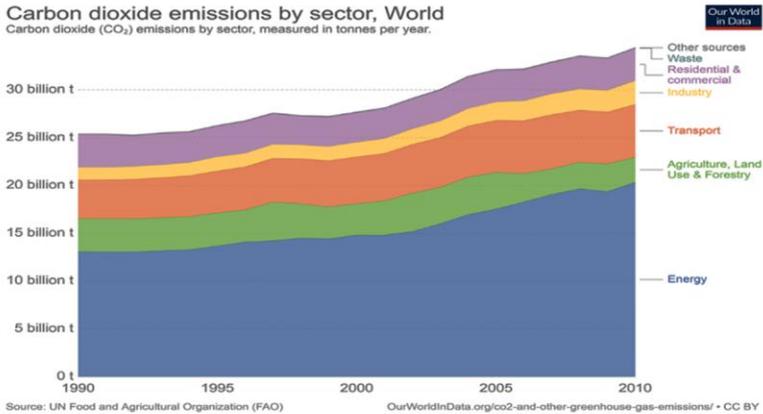
Masyarakat dunia kini telah menyepakati gerakan bersama untuk menurunkan suhu bumi dan menjaga paling tinggi 2 C° di atas temperatur sebelum Revolusi Industri (sebelum 1850). Salah satu penyebab dari peningkatan suhu bumi tersebut ialah penggunaan bahan bakar fosil. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, volume emisi tahunan CO₂ meningkat tajam sejak awal 1900'an, diawali emisi dari penggunaan batu bahan baku utama mesin uap yang menjadi basis utama teknologi Revolusi Industri 1.0, kemudian diikuti oleh emisi dari bahan bakar

minyak dan gas. Suhu bumi saat ini diperkirakan sudah meningkat 1,2 C° di banding tahun 1850. Artinya, peningkatan suhu bumi sudah lebih dari separuh ambang batas target toleransi.



Gambar 8. Emisi CO2 global (Ritchie and Roser, 2019a)

Data menurut sektor juga menunjukkan bahwa emisi CO2 terbesar berasal dari sektor energi (Gambar 9). Artinya, emisi CO2 terbesar berasal dari proses produksi energi sendiri. Volume emisi CO2 dari sektor energi tidak saja terbesar dalam level absolut tetapi juga dalam laju peningkatan. Oleh karena hingga kini bauran energi global didominasi oleh bahan bakar fosil maka dapatlah dipastikan bahwa sumber emisi terbesar berasal dari proses produksi bahan bakar fosil. Kiranya dimaklumi, masyarakat dunia kini telah sepakat untuk mengatur penggunaan bahan bakar sehingga tidak menambah masalah pencemaran lingkungan hidup, termasuk dengan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.



Gambar 9. Emisi CO₂ (atas) dan GHG (bawah) dunia dirinci menurut sektor (Ritchie and Roser, 2019b)

Biofuel Solusi Energi Masa Depan

Telah dikemukakan bahwa peran dominan bahan bakar fosil dalam bauran energi global maupun nasional sudah sampai pada titik yang membahayakan ketahanan energi dan kelestarian

lingkungan hidup. Bauran energi harus diperbaiki dengan mengurangi peran bahan bakar fosil dan meningkatkan peran sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Terdapat sejumlah sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan seperti panas matahari, tenaga air, tenaga angin, panas bumi, dan tenaga pasang air laut. Pemerintah Indonesia maupun negara-negara lain di dunia sudah memulai pengembangan energi terbarukan tersebut. Indonesia telah menetapkan sasaran peningkatan peran energi terbarukan dari 7 persen pada 2015 menjadi 23 persen pada 2015 dan akan naik lagi menjadi 31,2 persen pada 2050 (Braithwaite and Gerasimchuck, 2019, RUEN, 2017).

Indonesia nampaknya telah menetapkan substitusi bahan bakar fosil yang diawali dengan pengembangan biofuel. Seperti ditunjukkan pada Tabel 1, pangsa bioenergi dalam bahan bakar terbarukan mencapai 51,1 persen yang selanjutnya menurun bertahap namun tetap tinggi, yakni sekitar 39 persen pada tahun 2015. Jika dilihat dari bentuknya, bahan bakar terbarukan didominasi oleh energi listrik yang mencapai 75 persen. Energi terbarukan dalam bentuk bahan bakar minyak ditargetkan sekitar 25 persen. Biofuel yang tidak berupa bahan bakar minyak termasuk biogas dan biomassa padat yang keduanya dapat digunakan untuk bahan baku listrik.

Berikut diuraikan alasan-alasan kenapa biofuel pilihan terbaik sebagai prioritas pengembangan solusi energi masa depan untuk Indonesia dan untuk dunia secara umum. Seperti yang diuraikan berikut ini, ada paling sedikit ada lima argumen keunggulan *biofuel* dibandingkan dengan sumber energi lainnya yaitu, (1) mampu mensubstitusi bahan bakar fosil yang mendominasi bauran energi saat ini, (2) terbarukan, (3) berdaya saing ekonomi, (4) ramah lingkungan, serta (5) aman bagi kesehatan dan keselamatan manusia.

Tabel 1. Skenario produksi nasional energi primer terbarukan 2015-2050

No	Komponen	2015	2020	2025	2050
Sumber energi:					
A	Bioenergi	10,4 (51,5)	19,1 (49,6)	33,8 (36,6)	124,2 (39,3)
B	Lainnya	9,9 (49,5)	19,4 (50,4)	58,4 (63,4)	291,5 (60,7)
Total		20,3 (100)	38,5 (100)	92,2 (100)	315,7 (100)
2					
Bentuk energi:					
A	Listrik	11,6 (74,3)	23,3 (60,5)	69,2 (75,1)	236,3 (74,8)
B	Bahan bakar minyak	8,7 (25,7)	15,2 (39,5)	23,0 (24,9)	79,4 (25,2)

Sumber: RUEN (2017)

Substitut Bahan Bakar Fosil

Kriteria sebagai substitut terbaik bahan bakar fosil dipandang menjadi persyaratan teknis imperatif karena terlalu dominan dalam bauran energi. Sebagian besar peralatan dan mesin yang ada dirancang dan dibuat berdasarkan asumsi menggunakan bahan bakar fosil. Dengan demikian, pilihan strategi energi masa depan ialah mengembangkan bahan bakar yang dapat menggantikan langsung bahan bakar fosil dengan tanpa menyesuaikan peralatan atau mesin pengguna terlebih dahulu. Sudah barang tentu, penggantian bahan bakar fosil dimaksud bisa sebagian melalui pencampuran bahan bakar fosil dengan bahan bakar penggantinya (*blending*) atau seluruhnya dengan menggunakan bahan bakar pengganti murni, yakni tanpa dicampur dengan bahan bakar fosil

Secara teknis, *biofuel* adalah substitut terbaik bagi bahan bakar fosil dengan beberapa alasan. *Pertama*, molekul kimia bahan bakar fosil dan biofuel sama-sama berbasis hidrokarbon karena keduanya berasal dari bahan organik. *Kedua*, wujud fisik bahan

bakar fosil dan biofuel sebanding, keduanya bisa dalam wujud padat, cair (minyak), dan gas. *Ketiga*, kemajuan teknologi telah memungkinkan aneka jenis biofuel yang sepadan dengan bahan bakar fosil baik dalam hal sifat kimiawi maupun sifat fisika. Sebagai gambaran, kemajuan teknologi kini telah memungkinkan pembuatan biodiesel untuk menggantikan petrodiesel maupun bensin (*gasoline*).

Substitusi bahan bakar fosil dengan biofuel secara komersial sudah berjalan cukup lama, diawali dengan bensin dan diesel berbahan bioalkohol asal tebu. Bahan baku biofuel kini telah meluas ke penggunaan biji-bijian berminyak seperti kelapa sawit, kedelai, *rapeseed*, dan bunga matahari. Banyak negara sudah melegalkan produksi dan penggunaan *biofuel* secara komersial dengan ketentuan dan standar tertentu. Penggunaan *biofuel* yang semakin meluas dan meningkat di banyak negara, termasuk negara-negara maju, merupakan bukti bahwa *biofuel* dapat langsung digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil tanpa penyesuaian alat dan mesin. Kini disepakati dan diterima secara umum bahwa pencampuran *biofuel* dengan bahan bakar fosil hingga perbandingan 20: 80 (B20) dapat menggantikan solar murni tanpa penyesuaian peralatan dan mesin.

Praktik yang umum dilakukan saat ini ialah berupa pencampuran (*blending*). Bahan bakar fosil seperti petrodiesel dan bensin dicampur dengan minyak nabati murni dengan komposisi tertentu. Sebagai bagian dari strategi sosialisasi serta penyesuaian bertahap agar berjalan mulus, penggunaan *biofuel* dilakukan sebagai campuran bahan bakar fosil dimulai dengan kadar rendah (misalnya 5 persen) dan kemudian ditingkatkan menjadi 10 persen, 20 persen atau bilangan lainnya. Indonesia kini sudah menerapkan B20 sebagai mandator sejak 2018. Kebijakan mandatori biodiesel itu merupakan salah satu bukti tekad Indonesia untuk menjadikan *biofuel* sebagai sumber energi utam masa depan.

Terbarukan dan tak terbatas

Kriteria kedua untuk sumber energi masa depan ialah terbarukan. Potensi atau cadangan sumber energi (stok) yang menjadi bahan sumber bahan baku produksi bahan bakar masa depan haruslah terbarukan karena kebutuhan energi berlangsung terus (*flow*) dan cenderung meningkat. Sumber energi tak terbarukan seperti bahan bakar fosil pasti semakin langka dan habis pada masanya. Sifat tak terbarukanlah yang membuat bahan bakar fosil imperatif digantikan dan sifat terbarukanlah yang membuat *biofuel* sesuai untuk menggantikan bahan bakar fosil tersebut.

Biofuel bersifat terbarukan karena merupakan hasil olahan bahan organik hasil produksi tumbuhan, hewan atau mikroorganisme. Bahan organik primer adalah hasil fotosintesa CO₂ dan air (H₂O) yang berproses menjadi karbohidrat dengan energi matahari dan katalis klorofil. Foto sintesa ialah proses transformasi energi cahaya matahari menjadi energi kimia molekul karbohidrat yang dapat dipakai oleh organisme untuk berbagai proses metabolisme. Karbohidrat hasil fotosintesa adalah makanan sumber energi bagi organisme agar ia dapat hidup dan melaksanakan kehidupan. Tanaman hijauan dan cyanobakteri adalah organisme yang dapat melakukan fotosintesa untuk menghasilkan makanan sendiri.

Organisme yang bisa melakukan fotosintesa dapat menghasilkan makanan sendiri disebut dengan “autotrop”, sedangkan yang menghasilkan makanannya dari hasil transformasi energi matahari disebut “fotoautotrop”. Tanaman hijauan dan cyanobakteri adalah organisme autotrop karena dapat menghasilkan makanan dari proses fotosintesis. Organisme yang menghasilkan makanan dari hasil proses kimiawi disebut “chemoautotrop”, misalnya protozoa.

Organisme *autotrop* disebut pula produsen primer dalam rantai makanan ekosistem.

Organisme yang tidak dapat menghasilkan makanan sendiri dari sumber energi primer disebut “heterotrop” yang memperoleh makanan dari organisme autotrop. Hewan tergolong sebagai heterotrop karena tidak bisa menghasilkan makanan sendiri. Hewan memperoleh energi dengan memakan organisme *autotrop*, lalu menyimpan energinya dalam molekul lipida.

Fotosintesa dapat dipandang sebagai proses pemanenan energi cahaya matahari. Biomassa yang dipakai sebagai *feedstock* (bahan baku dasar) biofuel adalah hasil panen dari energi cahaya matahari tersebut. Fotosintesa dapat berlangsung terus-menerus sepanjang ada CO₂ (udara) dan H₂O (air) serta cahaya matahari dan organisme berklorofil. Cahaya matahari senantiasa tersedia sepanjang masa karena merukan inti dari planet bumi. CO₂ dan H₂O terbarukan melalui siklus geo-fisika-kimiawi. Oleh karena itu, produksi biomassa juga terbarukan dan dalam volume tanpa batas. Produksi biomassa dapat diatur manusia melalui budidaya dan memanfaatkan teknologi.

Ketersediaan sumber primer bahan bakar fosil yang terbatas dan tak terbarukan adalah takdir Sang Pencipta. Berbeda dengan bahan bakar fosil, ketersediaan biomassa *feedstock* biofuel tergantung pada penguasaan ilmu dan teknologi serta hikmat kebijaksanaan manusia. Artinya, dengan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi serta hikmat kebijaksanaan, manusia dapat menghasilkan *biofuel* sesuai kebutuhan secara berkelanjutan.

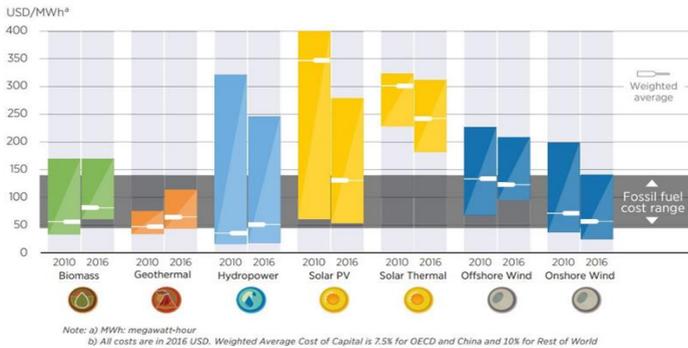
Berdaya saing

Kriteria ketiga sehingga *biofuel* pantas dijadikan sebagai solusi energi masa depan ialah kelayakan ekonomi. Salah satu indikator kelayakan ekonomi ialah daya saing ongkos produksi. Dalam hal ini, pilihan alternatif sumber energi ditetapkan berdasarkan prinsip ongkos produksi terendah. Ongkos produksi yang rendah adalah kunci untuk dapat mewujudkan harga energi yang murah. Energi murah merupakan hal esensial bagi negara-negara berkembang maupun negara-negara maju. Bagi negara berkembang, energi murah adalah salah saku kunci akses atau keterjangkauan energi bagi sejumlah besar penduduk yang masih berpendapatan rendah. Selain itu, energi murah esensial pula untuk menekan ongkos produksi barang dan jasa, yang berkaitan erat dengan pertumbuhan dan daya saing perekonomian. Walau mungkin tidak sepenting di negara-negara berkembang, energi murah juga merupakan hal penting bagi negara-negara maju.

Salah satu indikator daya saing biaya produksi relatif antar sumber energi ialah '*Levelised Cost Of Electricity*' (LCOE). LCOE adalah metode perhitungan yang memungkinkan perbandingan biaya produksi listrik menurut sumber energi primer yang dipergunakan berdasarkan total biaya siklus produksi penuh. LCOE dihitung dengan membagi total biaya pembangunan dan pengoperasian dengan total output selama hidup (*life-time*) suatu pembangkit listrik. Pada intinya, LCOE adalah rata-rata biaya produksi listrik suatu pembangkit (Ritchie *and* Roser, 2019 b). Di sisi lain, LCOE dapat pula dipandang sebagai harga titik impas atau harga jual energi minimum agar usaha pembangkit listrik tersebut layak secara finansial.

Secara umum, sumber energi yang secara ekonomi layak menggantikan bahan bakar fosil ialah yang memiliki LCOE lebih rendah, yang juga berarti paling murah dan paling berdaya saing. Perkiraan LCOE pembangkit listrik dengan alternatif

sumber energi primer berbeda ditampilkan pada Gambar 10. Sumber energi yang paling mahal ialah panas matahari (*solar thermal*). Hingga saat ini, energi asal pembangkit listrik tenaga matahari dinilai masih mahal sehingga belum layak jadi pilihan secara finansial.



Gambar 10. Perbandingan ongkos produksi listrik menurut sumber energi primer (Ritchie and Roser, 2019 b)

Kecuali panas matahari, rata-rata ongkos produksi energi terbarukan dari berbagai sumber primer ternyata masih berada dalam kisaran ongkos produksi bahan bakar fosil. Berdasarkan nilai rata-rata tertimbang ongkos produksi, sumber energi yang paling murah ialah listrik dari pembangkit tenaga air (*hydropower*). Namun demikian, rentang ongkos produksi listrik tenaga air tersebut terlalu lebar sehingga masih cukup tinggi di atas rentang ongkos produksi bahan bakar fosil. Artinya, sebagai pembangkit listrik tenaga air tidak mampu menyaingi bahan bakar fosil.

Dapat dikatakan bahwa sumber energi paling murah ialah panas bumi (*geothermal*). Energi panas bumi bahkan lebih murah dari bahan bakar fosil. Namun demikian, ketersediaan panas bumi sangat terbatas dan spesifik lokasi. Selain itu, panas bumi

tidak tersedia dalam wujud cair atau gas. Dengan demikian, panas bumi tidak dapat diandalkan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Energi asal tenaga angin lepas pantai juga lebih murah dari energi asal bahan bakar fosil namun dinilai bukan pilihan terbaik untuk menggantikan bahan bakar fosil karena alasan sama seperti energi asal panas bumi.

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata biaya produksi energi asal biomassa atau biofuel berada di bawah nilai tengah kisaran biaya produksi energi asal bahan bakar fosil, sementara kisaran biaya produksi energi asal biomassa sebagian besar berada di dalam kisaran biaya produksi energi asal bahan bakar fosil. Dapat dikatakan bahwa secara finansial *biofuel* potensial layak dipilih untuk menggantikan bahan bakar fosil.

Ramah lingkungan dan aman bagi manusia

Biofuel jauh lebih ramah lingkungan daripada bahan bakar fosil. Kajian komprehensif *United State Environment Protection Agency* (US-EPA), Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat; menunjukkan bahwa biodiesel jauh lebih ramah lingkungan dari solar (*petrodiesel*) sebagaimana ditunjukkan oleh data pada Tabel 2. Total emisi hidrokarbon biodiesel (B100) ternyata 67 persen lebih rendah dari solar sementara emisi karbon monoksida biodiesel 48 persen lebih rendah dari solar. Emisi ozon biodiesel juga relatif kecil, dan juga 50 persen lebih rendah dari solar. Biodiesel tidak mengandung sulfur samasekali, dimana cemaran sulfur di udara adalah penyebab hujan asam yang membahayakan manusia maupun makhluk hidup di muka bumi.

Tabel 2. Rata-rata tingkat emisi biodiesel relatif terhadap solar (%)

No	Unsur emisi	B100	B20
1	Total hidrokarbon tak terbakar	-67	-20
2	Karbon monoksida	-48	-12
3	Partikulat pernafasan	-47	-12
4	Nitrogen oksida	+10	+1 – (-2)
5	Sulfat	-100	-20
6	Potensi ozon	-50	-10
7	Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH)	-80	-13
8	Nitrated PAH (nPAH)	-90	-50

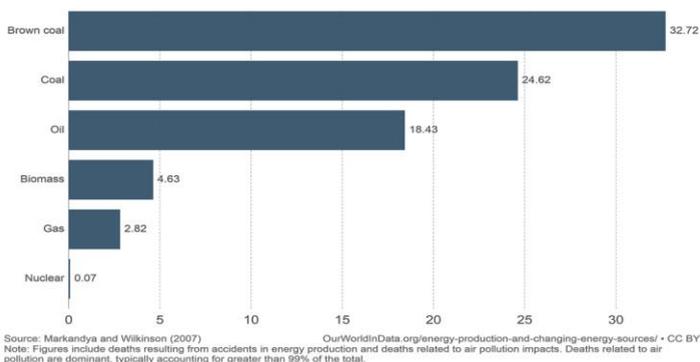
Sumber: EPA (2002)

Unsur partikulat pernafasan, *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) dan *Nitrated PAH* (nPAH) berkaitan dengan kesehatan manusia. Partikulat pernafasan biodiesel B100 ternyata 47 persen lebih rendah dari solar. PAH dan nPAH adalah zat penyebab kanker. Uji yang dilakukan EPA menunjukkan emisi PAH dan nPAH biodiesel B100 berturut-turut lebih rendah 80 persen dan 90 persen dibanding solar. Ini merupakan bukti kuat bahwa penggunaan *biodiesel* jauh lebih aman bagi manusia dibandingkan solar.

Kekurangan biodiesel dalam hal emisi gasa hanyalah pada emisi nitrogen oksida (Nox) yang dapat mencapai 10 persen lebih tinggi dari solar. Namun demikian, emisi karbon monoksida dipandang tidak mengkhawatirkan karena tiadanya sulfur yang memungkinkan Nox dapat dikendalikan sepenuhnya dengan teknologi tertentu. Beberapa perusahaan telah berhasil mengembangkan aditif untuk mengurangi Nox pada biodiesel (EPA, 2002). Dengan demikian emisi Nox tidak menjadi masalah serius dalam penggunaan *biodiesel*.

Pada Gambar 11 ditunjukkan tingkat kematian akibat polusi udara dan insiden kecelakaan terkait produksi energi. Kematian didominasi oleh akibat polusi udara yang diperkirakan mencapai

99 persen (Ritchie and Roser, 2019b). Jika keselamatan diukur berdasarkan jumlah kematian orang per Terawatt hours (TWh) produksi energi, maka bahan bakar yang paling tidak aman proses produksinya ialah batubara. Tingkat kematian pada produksi batubara coklat (*brown coal*) bermutu rendah yang mencapai 32.72 orang/TWh sedangkan batubara biasa mencapai 24,62 orang/TWh. Tingkat kematian pada produksi minyak bumi menduduki peringkat kedua tertinggi, sebanyak 18,43 orang/TWh. Proses produksi energi yang paling aman ialah nuklir dan gas. Tingkat kematian pada proses produksi energi nuklir hanya 0.07 orang/TWh sedangkan pada produksi gas mencapai 2,82 orang/TWh.



Gambar 11. Tingkat kematian terkait produksi energi (orang/TWh)

Walau pun bukan yang terbaik, proses produksi *biofuel* (asal biomassa) tergolong sangat aman. Tingkat kematian pada proses produksi *biofuel* hanya 4,63 orang/TWh, atau hanya sekitar seperempat dari tingkat kematian pada proses produksi minyak bumi dan seperlima dari pada proses produksi batubara. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *biofuel* adalah ramah

lingkungan serta aman bagi kesehatan dan keselamatan manusia, terlebih jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

Bab 2.

Ketersediaan dan Kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM)

Potensi energi nasional meliputi minyak bumi berupa bahan bakar minyak (BBM), biofuel, gas, panas bumi, batubara, dan energi terbarukan. Energi baru terbarukan meliputi biomassa, air, matahari, angin, CBM (*Coal Bed Methane*), hidrogen/fuel cell, oil shale, biogenic gas. Sampai saat ini, energi nasional masih bertumpu pada BBM dari fosil, gas dan batubara. Porsi konsumsi energi nasional sekitar 33% digunakan untuk sektor rumah tangga, sektor transportasi 29,31% dan industri 22,19%.

Kebutuhan energi pada sektor rumah tangga meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan peningkatan kesejahteraan masyarakat; sedangkan pada sektor transportasi dipengaruhi oleh jumlah kendaraan; dan pada sektor industri ditentukan oleh perkembangan kegiatan ekonomi subsektor yang tercermin pada kontribusi PDB setiap sektor (Zed, *dkk.* 2014). Kontribusi PDB sektor industri lebih dipengaruhi oleh jumlah tenaga kerja, upah pegawai, suku bunga, dan jumlah perusahaan yang beroperasi.

Produksi Bahan Bakar Minyak

Produksi minyak mentah di Indonesia diawali tahun 1871 melalui eksplorasi dan pengeboran minyak pertama oleh seorang Belanda, Jan Reerink, di Majalengka. Hal ini terjadi tidak lama setelah pengeboran minyak pertama di dunia oleh Kolonel Edwin Laurentine Drake dan William Smith de Titusville pada tahun 1859, di negara bagian Pensilvania, Amerika Serikat. Konsesi pengeboran minyak di Indonesia pertama diberikan kepada perorangan bernama Zylker yang memperoleh konsesi di daerah Telaga Said, Langkat, Sumatera Utara seluas 500 bahu (3,5 km²). Konsesi diberikan oleh Sultan Langkat pada tahun 1883 yang menghasilkan 8000-an liter minyak bumi.

Selanjutnya, fasilitas jaringan pipa dan kilang minyak mulai dibangun di Pangkalan Brandan pada tahun 1892. Sejak itu kilang minyak juga dibangun di berbagai daerah yang relatif jauh dari sumber minyak, antara lain di Cepu, Balikpapan, Plaju dan Sungai Gerong pada tahun 1894-1926. Sedangkan instalasi penimbunan minyak dan pelabuhan ekspor minyak pertama kali dibangun di Pangkalan Susu tahun 1898. Swasta mulai terlibat dalam pengusahaan produksi minyak mentah sejak diterbitkannya Undang-Undang Pertambangan (*Indische Mijnwet*) Pemerintah Hindia Belanda tahun 1899. Standard Oil of New Jersey (SONJ) merupakan perusahaan swasta pertama, yang datang ke Hindia Belanda pada tahun 1912, mendirikan anak perusahaan bernama *Nederlandsche Koloniale Petroleum Maatschappij* (NKPM). Tahun 1922 NKPM mampu memproduksi 10–20 ribu barel per hari dari sumur Talang Akar. Penemuan sumber minyak yang besar terjadi sebelum kemerdekaan yakni pada tahun 1944, pada saat ahli geologi NPPM (*Nederlandsche Pasific Petroleum Maatschappij*) melakukan pengeboran di Sumur Minas-1 di Riau. Penemuan inilah yang merupakan cikal bakal penguasaan Chevron terhadap cadangan minyak terbesar di

Indonesia. Melalui eksplorasi yang intensif, di awal tahun 90-an angka produksi minyak mentah nasional dapat menembus 1.6 jt barel per hari (bph).

Perkembangan produksi minyak fosil Indonesia 1965-2017 menunjukkan bahwa produksi minyak mencapai puncaknya pada periode 1977-2001 (Gambar 12), sedangkan kebutuhan minyak fosil terus meningkat secara nyata dengan pertumbuhan konsumsi lebih kurang 4% per tahun. Sumber produksi minyak Indonesia pada awalnya lebih terkonsentrasi di banyak cekungan yang ada di wilayah barat. Seiring dengan makin sedikitnya penemuan sumber minyak baru di wilayah Barat maka fokus eksplorasi minyak bergeser ke wilayah Timur Indonesia. Eksplorasi dan produksi minyak selama ini banyak dilaksanakan oleh kontraktor asing melalui pengaturan kontrak bagi hasil. Chevron Pacific Indonesia - anak perusahaan Chevron Corporation - adalah produsen minyak mentah terbesar di negara ini, yang berkontribusi sekitar 40% dari produksi nasional. Pemain-pemain besar lainnya di industri minyak Indonesia adalah Pertamina (BUMN), Total, Conoco Phillips, PetroChina, CNOOC, Medco, BP, Kodeco, dan Exxon Mobil. Akhir-akhir ini dengan telah berakhirnya kontrak dengan Chevron, pemerintah telah mengalihkan pengelolaan sumur Chevron Pacific Indonesia ke Pertamina, sehingga Pertamina menjadi pengelola yang berkuasa penuh atas seluruh hasil sumur minyak yang dikelola Chevron di Indonesia. Pemerintah berusaha menguasai proses produksi minyak bumi dari pihak asing dalam upaya meraih kembali kedaulatan energi.

Dalam kontrak produksi dan eksplorasi dengan kontraktor luar negeri, hasil minyak mentah dibagi sesuai dengan kesepakatan bagi hasil. Selama ini bagian hasil minyak untuk kontraktor biasanya diekspor. Akhir-akhir ini pemerintah mengambil kebijakan agar minyak bagi hasil bagian dari kontraktor langsung dibeli oleh Pertamina dan dikilang di dalam

negeri. Suatu kebijakan yang sangat logis dan tepat. Setidaknya akan dapat menambah hasil minyak mentah produksi dalam negeri yang dapat diolah, mengingat bahwa produksi minyak mentah Indonesia terbatas dan memang sudah tertinggal, baik dalam usaha eksplorasi sumur minyak baru maupun dalam pengolahan produk minyak. Hal ini disebabkan sangat terbatasnya pembangunan kilang minyak baru dan tertinggalnya kemampuan kilang berusia tua.

Ketersediaan Bahan Bakar Minyak

Pada hakekatnya terdapat pengertian yang berbeda antara minyak dan energi. Minyak adalah bahan bakar alami (bersumber dari fosil ataupun hayati) yang perlu diolah sehingga mencapai standar tertentu sebelum dimanfaatkan sebagai energi. Sedangkan energi adalah segala daya yang diperlukan untuk menjalankan aktivitas kehidupan, termasuk bahan bakar yang bersumber dari minyak. Oleh karena itu, suatu negara yang memiliki sumber minyak mentah dari fosil, belum berarti memiliki ketersediaan BBM sejumlah bahan bakar fosil yang mampu diproduksinya. Hasil dari minyak yang telah diolah dan siap menjadi energi (premium, pertalite, diesel, dll) itulah yang sebenarnya dikategorikan sebagai “minyak tersedia” atau BBM. Kemampuan produksi minyak mentah yang tidak seimbang dengan kemampuan produksi BBM inilah yang menjadi penyebab mengapa Indonesia yang pada saat surplus produksi minyak bumi juga sekaligus menjadi pengimpor BBM. Kebijakan bahwa semua minyak mentah yang diproduksi di dalam negeri harus dikilang di dalam negeri hingga saat ini ternyata tidak berlangsung mulus. Hal inilah yang menyebabkan harga BBM dalam negeri sangat bergantung dengan harga BBM di pasar internasional.