

Bab 1. Manfaat penggunaan biomassa

1.1. Manfaat Biomassa

1.1.1. Apa itu Biomassa?

Secara umum biomassa merupakan bahan yang dapat diperoleh dari tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang besar. “Secara tidak langsung” mengacu pada produk yang diperoleh melalui peternakan dan industri makanan. Biomassa disebut juga sebagai “fitomassa” dan seringkali diterjemahkan sebagai bioresource atau sumber daya yang diperoleh dari hayati. Basis sumber daya meliputi ratusan dan ribuan spesies tanaman, daratan dan lautan, berbagai sumber pertanian, perhutanan, dan limbah residu dan proses industri, limbah dan kotoran hewan. Tanaman energi yang membuat perkebunan energi skala besar akan menjadi salah satu biomassa yang menjanjikan, walaupun belum dikomersialkan pada saat ini. Biomassa secara spesifik berarti kayu, rumput Napier, rapeseed, eceng gondok, rumput laut raksasa, chlorella, serbuk gergaji, serpihan kayu, jerami, sekam padi, sampah dapur, lumpur pulp, kotoran hewan, dan lain-lain. Biomass jenis perkebunan seperti kayu putih, poplar hibrid, kelapa sawit, tebu, rumput gajah, dan lain-lain adalah termasuk kategori ini.

Menurut Kamus Bahasa Inggris Oxford, istilah “biomassa” pertama kali muncul di literatur pada tahun 1934. Di dalam *Journal of Marine Biology Association*, ilmuwan Rusia bernama Bogorov menggunakan biomassa sebagai tatanama. Ia mengukur bobot plankton laut (*Calanus finmarchicus*) setelah dikeringkan yang ia kumpulkan untuk menyelidiki perubahan pertumbuhan musiman plankton. Plankton yang telah kering ini dinamakan sebagai biomassa.

Biomassa sangat beragam dan klasifikasinya akan dibahas dalam bagian 2(1). Biomassa secara spesifik merujuk pada limbah pertanian seperti jerami, sekam padi, limbah perhutanan seperti serbuk gergaji, MSW, tinja, kotoran hewan, sampah dapur, lumpur kubangan, dan sebagainya. Dalam kategori jenis tanaman, yang termasuk biomassa adalah kayu putih, poplar hibrid, kelapa sawit, tebu, rumput, rumput laut, dan lain-lain.

Biomassa merupakan sumber daya terbarukan dan energi yang diperoleh dari biomassa disebut energi terbarukan. Walaubagaimanapun, di negara Jepang biomassa dinamakan sebagai energi baru dan ia merupakan istilah yang sah menurut undang-undang. Undang-undang berkaitan dengan dorongan penggunaan energi baru telah ditetapkan pada April 1997. Walaupun pada saat ini biomassa belum disetujui sebagai salah satu energi baru, namun ia telah terbukti secara sah ketika undang-undang diamandemenkan pada Januari 2002.

Berdasarkan undang-undang, pembangkit listrik melalui fotovoltan, energi angin, sel bahan bakar, limbah, biomassa, dan juga energi panas dari limbah telah ditetapkan sebagai energi baru. Undang-undang berkaitan dengan energi baru ini menyangkut produksi, pembangkitan, dan penggunaan sumber alternatif minyak bumi, termasuk kekurangan akibat pembatasan ekonomi, dan juga yang ditentukan secara khusus oleh pemerintah dengan tujuan untuk mempromosikan penggunaan energi baru. Di luar negeri, biomassa biasanya dinamakan dan ditetapkan sebagai salah satu dari energi terbarukan.

Banyak kajian telah menyarankan bahwa energi turunan biomassa akan memberikan sumbangan yang besar terhadap suplai energi keseluruhan karena harga bahan bakar fosil semakin meningkat pada beberapa dekade yang akan datang. Penggunaan biomassa sebagai sumber energi adalah sangat menarik karena ia merupakan sumber energi dengan jumlah bersih CO₂ yang nol, oleh karenanya tidak berkontribusi pada peningkatan emisi gas rumah kaca. Ini juga berarti biomassa adalah netral karbon seperti yang didefinisikan dalam bagian 1. (2). Pembakaran energi biomassa akan menghasilkan CO₂, akan tetapi hampir semua karbon dalam bahan bakar akan diubah menjadi CO₂, yaitu seperti yang digunakan selama konsumsi bahan bakar fosil. Namun biomassa dikatakan sebagai memiliki jumlah bersih CO₂ yang nol berdasarkan anggapan bahwa pohon-pohon yang baru atau tumbuhan lain yang ditanam kembali akan memberikan CO₂ yang dihasilkan selama penggunaan energi biomassa. Konsep ini merujuk kepada perkebunan energi yang dikelola secara tepat, tetapi ia tidak bisa diaplikasikan untuk negara-negara berkembang dimana sebagian besar energi biomassa diperoleh dari hutan yang tidak ditanam kembali.

Perluasan dari penggunaan energi biomassa telah menimbulkan kekhawatiran terhadap ketersediaan tanah, yang mungkin juga digunakan untuk produksi makanan, atau penggunaan komersial seperti produksi kayu. Laporan terakhir menunjukkan bahwa prediksi potensi energi biomassa untuk masa depan diperkirakan mencapai 42E J sampai hampir 350 EJ pada tahun 2100 yang mendekati jumlah produksi energi untuk masa kini. Oleh karena itu, energi biomassa seharusnya dimanfaatkan secara luas dan cermat sesuai dengan produksi pangan atau bahan berharga dan juga perlindungan lingkungan.

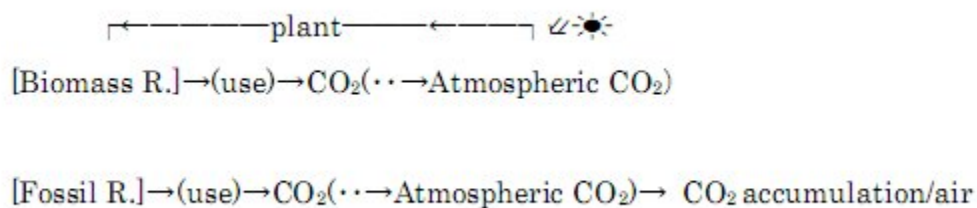
Biomass sangat beragam dan berbeda dalam hal sifat kimia, sifat fisis, kadar air, kekuatan mekanis dan sebagainya dan teknologi konversi menjadi bahan dan energi juga beragam. Penelitian untuk menghasilkan teknologi konversi dengan biaya yang terjangkau serta teknologi konversi yang ramah lingkungan telah dilakukan untuk mengurangi kebergantungan pada bahan bakar fosil, menekan emisi CO₂, dan untuk menggerakkan perekonomian pedesaan.

1.2 Karakteristik Biomassa

1.2.1 Ruang lingkup

Sumber daya biomassa dapat digunakan berulang kali dan bersifat tidak terbatas berdasarkan siklus dasar karbon melalui proses fotosintesis. Sebaliknya, sumber daya fosil secara prinsip bersifat terbatas dan hanya untuk sementara. Selain itu, emisi CO₂ yang takterbalikkan dari pembakaran fosil akan memberikan efek yang serius terhadap iklim global (Gambar 1.2.1).

R.= sumberdaya



Gambar 1.2.1. Perbandingan sistem biomassa dan fosil pada siklus karbon.

Akan tetapi, kata “terbaharui” dan “berkelanjutan” tidak selalu memiliki arti yang sama. Kemampuan tumbuhan untuk mendaur ulang adalah berbasis prinsip ekosistem yang rumit.

Kondisi yang diperlukan untuk biosistem adalah mempertahankan keseimbangan panen versus laju pertumbuhan dan juga perlindungan lingkungan untuk lahan pertanian. Jika tidak, keberlanjutan jangka panjang untuk sistem biomassa tidak akan tercapai.

1.2.2. Terbaharui

Ada dua jenis sumber energi, yaitu: (1) sumber daya tidak terbarukan (jenis stok) dan (2) sumber daya terbaharui (jenis aliran seperti sinar matahari, angin, kekuatan hidrolik dan biomassa). Sumber jenis aliran bersifat tidak terbatas namun ia seharusnya dibatasi dalam jangka waktu tertentu. Penggunaan yang berlebihan seperti penggundulan hutan bisa menyebabkan ketidakberlanjutan sistem energi terbarukan ini. Biomassa mempunyai dua jenis sumber daya.

(A) biomassa jenis aliran. Jumlah bersih produktivitas primer adalah sebanyak 170 Gt/tahun (sekitar 7 kali jumlah permintaan energi di seluruh dunia)

(B) biomassa jenis stok. Kebanyakan di hutan; 1800 Gt (sekitar 80 kali jumlah permintaan energi di seluruh dunia).

Konsumsi biomassa (C) memiliki 2 jenis variasi, yaitu putrefaksi dan pemanfaatan. Di dalam hutan alami, tingkat pertumbuhan dan putrefaksi terjadi dalam jumlah yang hampir sama, sehingga keseimbangan $(A)=(C)$ dapat dicapai.

(A) Biomassa aliran	→	(B) Biomassa stok	→	(C) Konsumsi putrefaksi atau pemanfaatan
170 Gt/thn		1800 Gt/thn		(peubah)

Meskipun $(C) > (A)$ tidak mungkin bisa dicapai, tetapi mungkin untuk mendapatkan bagian pemanfaatan biomassa yang lebih besar dari persamaan (C) diatas melalui pelaksanaan kebijakan dan teknologi.

keseimbangan energi menjadi lebih baik. Contoh sistem yang berhasil adalah seperti dalam industri gula yang menggunakan ampas tebu sebagai bahan bakar alternatif. Sistem produksi biomassa dengan rasio keseimbangan energi yang kecil tidak memiliki kelestarian netral karbon. Di dalam bidang pertanian, produksi ubi dan gandum, rasio keseimbangan energi adalah 1.5 ~ 5 (perhitungan tenaga kerja diabaikan), sedangkan untuk produksi sayur - sayuran, rasio adalah lebih rendah dari 0.5 akibat kehilangan energi dari penggunaan jalur kereta api untuk tujuan distribusi. Memandang hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa sumber kehutanan adalah lebih baik dari tanaman pertanian karena energi yang diperlukan untuk penanaman jauh lebih kecil.

(a) Investasi tenaga kerja. Penggunaan lebih banyak tenaga kerja akan dapat mengurangi penggunaan energi listrik dan/atau bahan bakar yang menyebabkan kenaikan rasio keseimbangan energi nyata. Namun, tenaga kerja dan energi fosil memiliki hubungan yang proporsional. Unit energi untuk tenaga kerja diperkirakan 0.073 toe/tahun/orang (standar biologi) ~ 1 toe/tahun/orang (penggunaan seumur hidup). Produksi berdasarkan buruh intensif seringkali memberikan penghematan sistem energi yang palsu.

(b) Siklus N,P,K. N (nitrogen), P (fosfor), dan K (kalium) adalah komponen utama dalam pupuk. Produksi yang mengeksploitasi penggunaan komponen ini menyebabkan sistem siklus diperlukan untuk mempertahankan N, P dan K di dalam tanah. Pada stasiun pembangkit listrik termal dari kayu, penting mengembalikan abu untuk mempertahankan unsur P dan K. Komponen N tidak bisa dipertahankan dalam abu, maka rute pasokan alternatif N adalah penting untuk memulihkan sistem itu kembali. Selain itu, kehutanan tradisional tidak memerlukan pupuk karena ada pasokan nitrat-N dari hujan. Akan tetapi, energi dari kehutanan di masa depan membutuhkan pupuk N karena keseimbangan N akan terganggu.

(c) Konservasi keanekaragaman hayati. Keanekaragaman hayati akan terganggu apabila produksi biomassa ditingkatkan melalui keseragaman, pertanian skala besar dan proses yang intensif. Misalnya, penanaman campuran seperti agrohutani diharapkan akan dapat mempertahankan konservasi tanah.

Informasi Lebih Lanjut

Sano, H.in “Biomass Handbook”, Japan Institute of Energy Ed. , Ohm-sha , 2002, pp.311- 323.
(dalam bahasa Jepang)

UN Energi “Sustainable Bioenergi: A Framework for Decision Maker”, 2007.

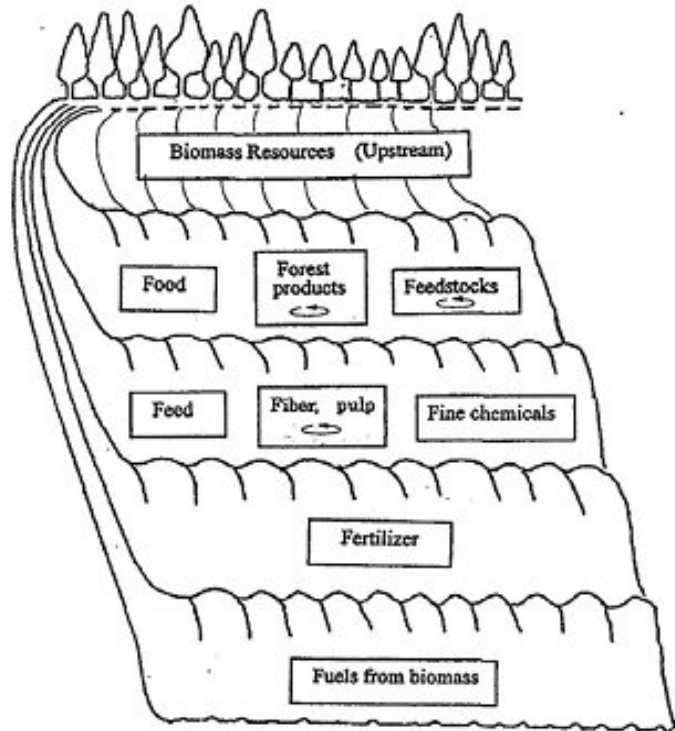
1.3 Bagaimana Memanfaatkan Biomassa

1.3.1 Ruang lingkup

Untuk pemanfaatan biomassa, bahan baku hayati yang dipilih dari berbagai jenis biomassa harus mempertimbangkan tujuan pemanfaatannya, permintaan dan ketersediaan. Setelah itu, barulah bahan baku ini bisa diubah menjadi bahan baru atau energi.

Biomassa sebagai sumber hayati utamanya berasal dari tumbuhan atau sisanya. Hewan dan mikroorganisme serta bahan organik dari hewan dan mikroorganisme tersebut juga sama penting. Banyak spesies tumbuhan berguna sebagai biomassa. Biomassa tanah umumnya terdiri atas biomassa herba berasal dari tanaman perkebunan utama dan biomassa kayu dari hutan. Kebanyakan dari biomassa tersebut ditanam kemudian diubah serta digunakan untuk tujuan tertentu. Biomassa air dari lautan, danau dan sungai bisa juga ditanam seperti rumput laut. Biomassa yang ditanam di ladang atau yang diperoleh dari hutan untuk tujuan tertentu disebut sebagai biomassa asli, sedangkan bahan hayati yang terbuang dari hasil proses produksi, konversi dan pemanfaatan dinamakan sebagai biomassa limbah dan digunakan untuk tujuan lain. Misalnya, ampas tebu yang merupakan limbah dari pemrosesan digunakan sebagai bahan bakar yang baik untuk pengekstrakan gula dan proses penyulingan etanol. Pemanfaatan biomassa limbah juga penting untuk menghindari konflik antara penggunaan bioenergi untuk makanan dan pakan ternak. Ampas tebu juga dianggap sebagai salah satu bahan baku utama untuk “bahan bakar bio (biofuel) generasi kedua”.

Pengangkutan dan penyimpanan biomassa tidaklah mudah karena ukurannya terlalu besar dan mudah terurai. Oleh karena itu, biomassa layak untuk digunakan di daerah dimana biomassa tersebut diproduksi. Berdasarkan alasan ini, biomassa sering digunakan di dalam daerah atau daerah terdekat dimana pasokan dan permintaan biomassa seimbang. Akan tetapi, jika biomassa diubah menjadi bentuk yang mudah untuk diangkut seperti pelet atau bahan bakar cair, maka ia dapat dimanfaatkan di daerah yang lebih jauh.



Gambar 1.3.1. Diagram pemanfaatan dan pendaur ulangan biomassa

Biomassa dapat digunakan baik sebagai bahan atau energi. Biomassa dapat dimanfaatkan sebagai makanan, pakan ternak, serat, bahan baku, produk kehutanan, pupuk dan bahan kimia. Pemanfaatan sebagai energi dalam bentuk bahan bakar bio (biofuel) terjadi pada tahap akhir dan biomassa akan terurai menjadi karbon dioksida atau metana serta dibebaskan ke udara. Keragaman dalam penggunaan ini disebut sebagai “Penggunaan 8 F” biomassa.

Biomassa dapat juga digunakan secara bertahap seperti riam disebabkan kualitasnya yang terdegradasi. Gambar 1.3. 1. menunjukkan contoh penggunaan riam makanan ke pakan ternak dan kemudian menjadi pupuk.

Limbah makanan dapat diperlakukan menjadi pakan ternak yang baik. Pakan ternak akan berubah menjadi kotoran ternak kemudian menjalani proses fermentasi untuk menghasilkan metana. Limbah yang telah terurai ini dapat digunakan sebagai pupuk. Produk hutan seperti kayu dapat dimanfaatkan sebagai papan partikel atau pulp dan sebagai langkah akhir, ia bisa diubah menjadi energi melalui pembakaran bahan bakar padat bio.

Daur ulang untuk kertas, serat, beberapa bahan baku dan produk kayu sebagaimana ditunjukkan dengan tanda panah-melingkar dalam Gambar 1.3.1. Selama biomassa digunakan sebagai bahan mentah, kadar karbonnya dapat dipertahankan di dalam bahan dan tidak memberikan efek emisi gas rumah kaca yang berkontribusi pada efek pemanasan global.

1.3.2 Konversi dan pemanfaatan

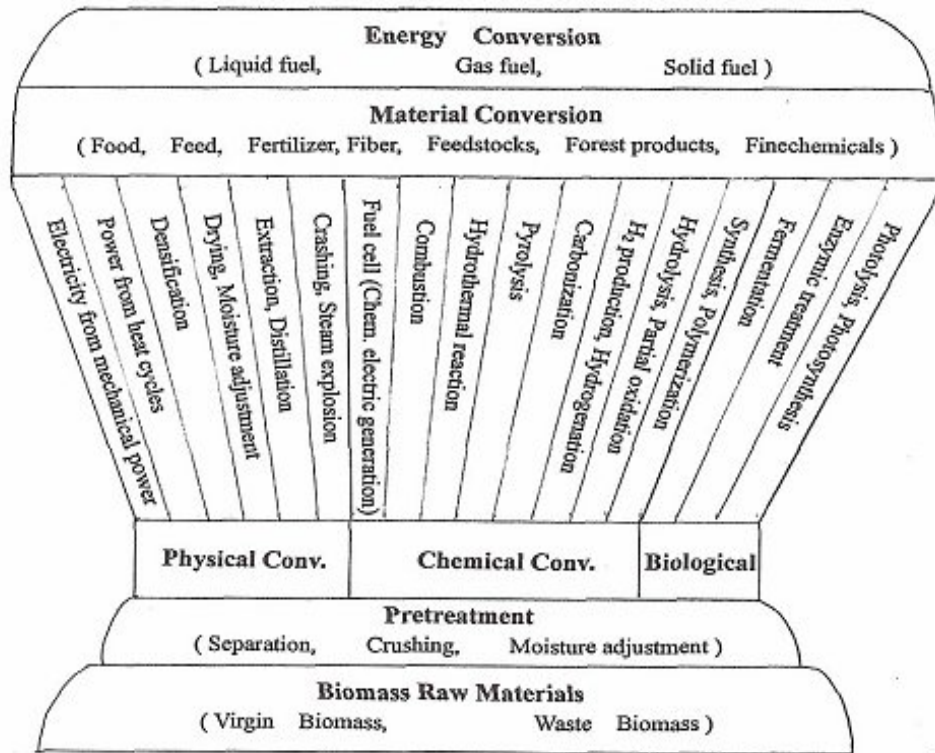
Ada berbagai teknologi konversi yang bisa digunakan untuk merubah kualitas biomassa sesuai dengan tujuan penggunaannya. Ada teknik fisika, kimia dan biologi. Gambar 1.3.2 menunjukkan teknologi konversi yang biasa digunakan.

Konversi fisika termasuk penggerusan, penggerindaan, dan pengukusan untuk mengurai struktur biomassa dengan tujuan meningkatkan luas permukaan sehingga proses selanjutnya, yaitu kimia, termal dan biologi bisa dipercepat. Proses ini juga meliputi pemisahan, ekstraksi, penyulingan dan sebagainya untuk mendapatkan bahan berguna dari biomassa serta proses pemampatan, pengeringan atau kontrol kelembaban dengan tujuan membuat biomassa lebih mudah diangkut dan disimpan. Teknologi konversi fisika sering digunakan pada perlakuan pendahuluan untuk mempercepat proses utama.

Konversi kimia meliputi hidrolisis, oksidasi parsial, pembakaran, karbonisasi, pirolisis, reaksi hidrotermal untuk penguraian biomassa, serta sintesis, polimerisasi, hidrogenasi untuk membangun molekul baru atau pembentukan kembali biomassa. Penghasilan elektron dari proses oksidasi biomassa dapat digunakan pada sel bahan bakar untuk menghasilkan listrik.

Konversi biologi umumnya terdiri atas proses fermentasi seperti fermentasi etanol, fermentasi metana, fermentasi aseton-butanol, fermentasi hidrogen, dan perlakuan enzimatik yang berperan penting pada penggunaan bioetanol generasi kedua. Aplikasi proses fotosintesis dan fotolisis akan menjadi lebih penting untuk memperbaiki sistem biomassa menjadi lebih baik.

Kalor pembakaran biomassa diubah menjadi energi mekanis melalui daur panas seperti Daur Otto (untuk mesin bensin), Daur Diesel (mesin diesel), daur Rankine (mesin uap), Daur Brayton (turbin gas) dan lain-lain.



Gambar 1.3.2. Ragam teknologi konversi dan praperlakuan.

Pembangkit listrik dengan induksi elektromagnetik dapat digunakan untuk merubah energi mekanis menjadi listrik.

Teknologi praperlakuan seperti pemisahan, pengekstrakan, kisanan, asahan, kontrol kelembaban dan selainnya sering dilakukan sebelum proses konversi utama. Gambar 1.3.2 menunjukkan contoh yang disebut kotak ajaib dimana biomassa ditempatkan di bawah dan diubah melalui berbagai teknik untuk memenuhi tujuan Penggunaannya. Penilaian terhadap proses-proses konversi ini dilakukan berdasarkan kualitas produk, efisiensi energi, hasil dan ekonomi sistem.

Perancangan sistem konversi dan penggunaan seharusnya mempertimbangkan aspek-aspek yang berikut: naik turun pasokan biomassa, cara dan biaya transportasi dan penyimpanan, manajemen organisasi dan peraturan seperti yang ditetapkan otoritas yang terkait dan juga dari aspek ekonomi untuk keseluruhan sistem.

1.4 Manfaat Penggunaan Biomassa

1.4.1. Ruang lingkup

Meskipun energi dari biomassa umumnya tidak kompetitif dari segi biaya jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil dengan teknologi dan kondisi pasar saat ini, namun produksi biomassa untuk bahan baku dan energi akan menghasilkan berbagai manfaat. Manfaat-manfaat ini beragam, namun beberapa manfaat yang signifikan adalah mengimbangi emisi gas rumah kaca dari pembakaran bahan bakar fosil, menciptakan lapangan pekerjaan dan pendapatan melalui pengembangan industri baru dan pemanfaatan bahan baku lokal serta meningkatkan keamanan energi dengan mengurangi ketergantungan terhadap barang impor. Namun, pemahaman terhadap nilai dari semua manfaat yang disebutkan di atas masih belum dapat ditentukan jika dibandingkan dengan biaya biomassa dan biaya produksi bioenergi. Penilaian terhadap manfaat-manfaat ini akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai daya saing biomassa dan bioenergi, dan dapat memberikan implikasi yang jelas terhadap perkembangan bioenergi dan perumusan kebijakan yang terkait.

1.4.2. Depleksi minyak bumi

Sumber daya hutan dan batu bara sangat melimpah dan cukup untuk memenuhi permintaan energi. Akan tetapi, akibat kreativitas manusia yang melebihi harapan, diperlukan teknologi berbasis batu bara dan minyak bumi untuk menghasilkan energi yang lebih efisien.

Cadangan minyak bumi dunia diperkirakan sebanyak 2000 miliar barel. Konsumsi global per hari adalah sekitar 71,7 juta barel. Diperkirakan sekitar 1000 milyar barel telah digunakan dan hanya tersisa 1000 miliar barel cadangan minyak bumi di seluruh dunia (Asifa dan Muneer, 2007). Harga bensin dan bahan bakar yang lain akan meningkat seiring dengan efek ekonomi yang buruk sehingga manusia akan beralih ke alternatif lain selain bahan bakar fosil. Peningkatan penggunaan biomassa akan memperpanjang umur pasokan minyak mentah yang semakin berkurang. Carpentieri *et al.* (2005) menunjukkan manfaat lingkungan yang penting dari pemanfaatan biomassa dalam hal pengurangan pasokan sumber daya alam, meskipun metodologi

penilaian dampak yang lebih baik harus dilakukan untuk membuktikan kelebihan pemanfaatan biomassa.

1.4.3. Pemanasan global

Peningkatan laju emisi gas rumah kaca seperti CO₂ secara global menimbulkan ancaman terhadap iklim dunia. Berdasarkan perkiraan pada tahun 2000, lebih dari 20 juta ton metrik CO₂ diperkirakan akan dilepaskan ke atmosfer setiap tahun (Saxena *et al.*, *in press*). Jika tren ini berlanjut, diperkirakan bencana alam yang ekstrem seperti hujan lebat yang mengakibatkan banjir, kekeringan atau ketidakseimbangan lokal mungkin terjadi. Biomassa merupakan sumber netral karbon dalam siklus hidupnya dan merupakan penyumbang utama terhadap efek rumah kaca. Biomassa merupakan sumber energi keempat terbesar di dunia setelah batu bara, minyak bumi, dan gas alam serta berkontribusi kepada hampir 14% konsumsi energi primer dunia (Saxena *et al.*, *in press*). Biomass saat ini dianggap sebagai sumber energi yang penting di seluruh dunia.

Untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari konsumsi energi, beberapa alternatif kebijakan seperti pajak emisi dan izin pembebasan perdagangan telah diajukan. Kebijakan mitigasi ini akan membantu untuk meningkatkan manfaat persaingan energi biomassa terhadap bahan bakar fosil karena biomassa dapat menggantikan emisi CO₂ yang dilepaskan oleh bahan bakar fosil. Akan tetapi, telah dipahami dengan baik bahwa konversi biomassa ke bioenergi membutuhkan input energi tambahan, biasanya dari bahan bakar fosil itu sendiri. Siklus hidup keseimbangan energi biomassa harus positif jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil yang lazim, tetapi bergantung pada jenis proses, permintaan kumulatif energi fosil terkadang hanya sedikit lebih rendah atau bahkan terkadang lebih tinggi dari apa yang diperlukan oleh bahan bakar fosil cair. Sistem bioenergi seharusnya dibandingkan dengan sistem bahan bakar berdasarkan dasar siklus hidup atau menggunakan LCA.

1.4.4. Perbaikan taraf hidup

Karena bidang pertanian sangat penting untuk ekonomi yang sedang berkembang, maka diharapkan pertanian yang berkelanjutan akan meningkatkan taraf hidup petani disamping pendapatan mereka. Pendidikan masyarakat juga sangat penting karena tingkat literasi di daerah pedesaan untuk negara berkembang tidak terlalu tinggi. Dalam hal ini, maka penting untuk menyediakan informasi yang akurat tentang teknologi ini kepada para petani. Apa yang dianggap penting dari segi pemanfaatan biomassa oleh para petani adalah kemudahan untuk mengakses tanaman biomassa atau tempat pengumpulan biomassa. Meskipun para petani memiliki atau menghasilkan bahan baku biomassa, hal ini sangat sia-sia jika tidak ada akses ke tempat dimana biomassa tersebut diproduksi.

1.4.5. Peningkatan pendapatan petani

Ada 2 cara utama untuk membantu para petani (The Japan Institute of Energi, 2007). Salah satu cara adalah dengan memberikan energi agar para petani ini mendapat akses ke bahan bakar yang berguna. Di Thailand, para petani menggunakan gas untuk memasak yang berasal dari proses biometanasi skala kecil, sehingga mereka tidak perlu membeli gas propana untuk keperluan memasak. Bantuan kepada para petani ini juga efektif untuk menciptakan pertanian yang berkelanjutan dikarenakan pengurangan penggunaan bahan bakar fosil. Bantuan yang lain adalah melalui pemberian uang tunai. Jika para petani ini menanam bahan baku untuk produksi etanol lalu menjualnya dengan harga yang lebih tinggi, maka mereka akan mendapatkan uang untuk membeli listrik. Karena mereka yang menggunakan etanol sebagai bahan bakar lebih kaya jika dibandingkan para petani, maka mekanisme ini bisa dianggap sebagai “redistribusi kekayaan”.

1.4.6. Keamanan energi

Perekonomian semua negara dan khususnya negara maju bergantung pada pasokan energi yang aman. Keamanan energi berarti ketersediaan energi yang konsisten dalam berbagai bentuk pada harga yang terjangkau. Kondisi ini harus bisa tetap bertahan untuk jangka panjang agar dapat berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan. Perhatian terhadap keamanan energi

sangat penting karena distribusi sumber daya bahan bakar fosil yang tidak seimbang di kebanyakan negara saat ini. Pasokan energi akan menjadi lebih rentan pada waktu dekat ini akibat kebergantungan global terhadap minyak impor. Biomassa merupakan sumber daya domestik yang tidak terkena pengaruh fluktuasi harga pasar dunia atau ketidakpastian pasokan bahan bakar impor.

1.4.7. Mata uang asing

Ada peluang bagi negara berkembang untuk mendapatkan mata uang asing melalui ekspor bioenergi. Misalnya, untuk kasus produksi ubi kayu di Thailand, produksi ubi kayu untuk keperluan makanan dan etanol adalah seimbang saat ini. Akan tetapi, penggunaan ubi kayu untuk masa depan harus dipertimbangkan dengan teliti. Pada masa depan, jumlah produksi ubi kayu untuk etanol mungkin meningkat, hal ini sering dikatakan bahwa pemanfaatan bioenergi mungkin akan mengalami konflik dengan produksi makanan, dengan kata lain permintaan dunia terhadap etanol mungkin akan mengancam stabilitas pasokan makanan domestik.

Informasi Lebih Lanjut

Asifa, M.; Muneer, T. Energi supply, its demand and security issues for developed and emerging economies, *Renewable and Sustainable Energi Reviews*, **11**, 1388-1413 (2007)

Carpentieri, M.; Corti, A.; Lombardi, L. Life cycle assessment (LCA) of an integrated biomass gasification combined cycle (IBGCC) with CO₂ removal, *Energi Conservation and Management*, **46**, 1790-1808 (2005)

Saxena, R.C.; Adhikaria, D.K.; Goyal, H.B. Biomass-based energi fuel through biochemical routes: A review, *Renewable and Sustainable Energi Reviews* (in press)

The Japan Institute of Energi. Report on the Investigation and Technological Exchange Projects Concerning Sustainable Agriculture and Related Environmental Issues, Entrusted by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan (Fiscal year of 2006) (2007)