

Jejak Karbon Sektor Energi D.I.Yogyakarta dan Rekomendasi Jumlah Pohon yang Harus Ditanam untuk Reduksi Emisi Gas CO₂

Feris Firdaus

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia,
feris.firdaus@uui.ac.id

ABSTRACT

Energy consumption in D.I.Yogyakarta continues to increase every year. This increase certainly causes negative externalities to environmental quality. As previously known, the electricity consumed is dominantly derived from fossil fuels, so it can increase the intensity of greenhouse gas emissions and worsen environmental quality. In addition, Indonesia's dependence on fossil fuels also has a negative impact on the national budget deficit in the Indonesian Budget, through energy subsidy points. The consequence of these carbon emissions requires the government to plant trees as a reducing agent for air pollution. The number of trees that must be planted linearly also increases with the amount of electricity consumption, especially in D.I. Yogyakarta and generally in Indonesia. In general, the amount of carbon (CO₂) emissions in the energy sector in D.I.Yogyakarta in 2011-2015 was 1,748,849,439 Kg - 2,325,700,618 Kg as for the number of trees to be planted as the conversion of these emissions in 2011-2015 was 5,829,499 - 7,752,336 trees. If seen in detail, it appears that every component of energy, its consumption increases every year both electricity, LPG and BBM so that the number of trees that must be planted each year also increases.

Keywords: carbon footprint, energy, trees, reduction, CO₂ emissions, D.I. Yogyakarta.

ABSTRAK

Konsumsi energi di D.I.Yogyakarta terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan ini tentu menyebabkan eksternalitas negatif terhadap kualitas lingkungan. Seperti diketahui sebelumnya energi listrik yang dikonsumsi tersebut dominan berasal dari bahan bakar fosil, sehingga dapat meningkatkan intensitas emisi gas rumah kaca dan memperburuk kualitas lingkungan. Selain itu, ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar fosil ini juga berakibat buruk pada terjadinya defisit anggaran nasional dalam APBN Indonesia, melalui poin subsidi energi. Konsekuensi dari emisi karbon tersebut mengharuskan pemerintah untuk menanam pohon sebagai reduktor cemaran udara. Jumlah pohon yang harus ditanam secara linear juga meningkat seiring dengan jumlah konsumsi energi listrik khususnya di D.I.Yogyakarta dan umumnya di Indonesia. Secara umum jumlah emisi karbon (CO₂) sektor energi di D.I.Yogyakarta tahun 2011-2015 adalah 1,748,849,439 Kg - 2,325,700,618 Kg adapun jumlah pohon yang harus ditanam sebagai konversi jumlah emisi tersebut tahun 2011-2015 adalah 5,829,499 - 7,752,336 pohon. Jika dilihat secara detail maka tampak bahwa setiap komponen energi, konsumsinya meningkat setiap tahunnya baik energi listrik, LPG maupun BBM sehingga jumlah pohon yang harus ditanam setiap tahunnya juga meningkat.

Kata kunci: jejak karbon, energi, pohon, reduksi, emisi CO₂, D.I.Yogyakarta.

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, bahkan untuk beberapa tahun ke depan, isu penting yang masih dibahas dan terus

dibicarakan adalah persoalan perubahan iklim global. Perubahan iklim global tersebut telah dan masih terus terjadi disebabkan karena meningkatnya

kebutuhan energi seiring dengan peningkatan aktifitas yang dilakukan manusia. Hanya ada dua cara untuk mengatasi persoalan tersebut: pertama, dengan mengurangi emisi karbon sebagaimana yang dicanangkan PBB juga pemerintah Indonesia yang akan menekan produksi karbon sampai dengan 26% pada tahun 2020. Kedua, dengan meningkatkan sumberdaya yang dapat menyerap karbon yang menjadi penyebab emisi melalui sektor kehutanan. Cara kedua ini cukup sulit untuk dilaksanakan mengingat ketergantungan Indonesia terhadap hasil hutan cukup besar, terutama dari sisi kayu yang dihasilkan, baik bagi perusahaan maupun bagi masyarakat sendiri. Sehingga butuh cara lain untuk meningkatkan sumberdaya penyerap karbon, yakni dengan menanam jenis-jenis tanaman tertentu yang memiliki kemampuan menyerap karbon dalam jumlah yang lebih banyak dibanding tanaman lainnya (Kurniawan, 2016).

Perubahan iklim dunia merupakan tantangan yang paling serius yang dihadapi pada abad 21. Sebagian besar pakar lingkungan sepakat bahwa terjadinya perubahan iklim merupakan salah satu dampak dari pemanasan global. Pemanasan global (*global warming*) merupakan salah satu isu internasional yang dewasa ini banyak mendapat sorotan dari berbagai macam kalangan. Pemanasan global dapat terjadi karena adanya efek rumah kaca. Gas rumah kaca yang berada di atmosfer bumi dapat disamakan dengan tabir kaca pada pertanian yang menggunakan rumah kaca. Permasalahan muncul ketika konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer bertambah. Dengan meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca, maka akan semakin banyak panas yang ditahan dipermukaan bumi dan akan mengakibatkan suhu permukaan bumi menjadi meningkat (Wulandari, *et al.* 2013).

Kondisi suhu udara yang panas di D.I.Yogyakarta saat siang hari sudah dirasakan semua orang yang tinggal di kawasan perkotaan bahkan sampai

pinggiran D.I.Yogyakarta. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) melaporkan bahwa secara geografis wilayah D.I.Yogyakarta terletak pada posisi 8 hingga 9 derajat Lintang Selatan ($^{\circ}$ LS), pada bulan Maret dan Oktober matahari berada pada posisi 8° LS, kondisi suhu udara siang hari sudah mencapai 37 derajat Celcius (37° C) dengan kelembaban udara 40 %, sedangkan suhu normal rata-rata di D.I.Yogyakarta pada bulan-bulan yang lain sudah mencapai 32° C dengan kelembaban udara 80 % (BMKG, 2013).

Carbon footprinting adalah proses mengukur emisi gas rumah kaca yang berhubungan dengan aktivitas manusia. Biasanya jejak karbon dikaitkan dengan produksi produk, pengiriman layanan atau, lebih umum, terjadinya beberapa proses. Protokol Kyoto (United Nations, 1998) melalui United Nation Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) menetapkan enam jenis gas rumah kaca yang timbul akibat tindakan manusia: Karbondioksida (CO_2), Metana (CH_4), Nitro Oksida (N_2O), Hydrofluorocarbons (HFCs), Perfluorocarbons (PFCs) and Sulfur hexafluoride (SF_6). Dengan bobot masing-masing gas menurut kerusakan yang menyebabkan lingkungan protokol memungkinkan jejak karbon menjadi kuantifikasi dalam hal ukuran tunggal: kilogram karbondioksida ekuivalen (Barnet, *et al.* 2012).

Jejak karbon (*carbon footprint*) merupakan ukuran jumlah total dari karbondioksida (CO_2) dan gas rumah kaca lainnya yang diemisikan oleh suatu komunitas, populasi, sistem kerja, maupun pribadi, yang mencakup analisis dari sumber pencemar, simpanan spasial dan temporal pada populasi maupun aktivitas, dan dihitung sebagai karbondioksida ekuivalen menggunakan GWP 100 atau *100 years Global Warming Potential*. Perhitungan jejak karbon adalah metode untuk mengukur seberapa banyak karbon yang diemisikan suatu sistem, baik pribadi maupun komunal yang didasari oleh

kebutuhan energi dan aktivitas yang dilakukan oleh sistem tersebut. Perhitungan jejak karbon bertujuan untuk memahami dampak yang telah dihasilkan oleh kegiatan masing-masing pihak. Dengan mengetahui dampak tersebut, akan timbul kesadaran dari tiap-tiap pihak untuk terus mengurangi jejak karbon yang dihasilkan, baik melalui penghijauan maupun dengan melakukan pengurangan emisi karbon dari sumbernya langsung (Wright, *et al.* 2011).

Jejak karbon merupakan suatu ukuran jumlah total dari hasil emisi karbondioksida (CO₂) secara langsung (primer) maupun tidak langsung (sekunder) yang disebabkan oleh aktifitas atau akumulasi dari penggunaan produk dalam kehidupan sehari-hari. Jejak karbon primer merupakan ukuran emisi CO₂ yang bersifat langsung. Jejak karbon primer didapat dari hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti dari memasak dan transportasi. Setiap kegiatan atau aktifitas rumah tangga yang menggunakan bahan bakar dapat menghasilkan jejak karbon yang berbeda-beda tergantung dari lama penggunaan bahan bakar seperti LPG (liquid petroleum gas), minyak tanah maupun bahan bakar kendaraan dalam kehidupan sehari-hari. Jejak karbon sekunder dihasilkan dari peralatan-peralatan elektronik rumah tangga dimana peralatan elektronik ini dapat berfungsi dengan menggunakan daya listrik. Jumlah penduduk dunia terus meningkat setiap tahunnya, sehingga peningkatan kebutuhan energi pun tak dapat dielakkan. Dewasa ini, hampir semua kebutuhan energi manusia diperoleh dari konversi sumber energi fosil, misalnya pembangkitan listrik dan alat transportasi yang menggunakan energi fosil sebagai sumber energinya (Wiedmann and Minx, 2008).

Penyerapan CO₂ oleh tumbuhan memberi andil dalam mengurangi pencemar CO₂ di udara. Karbon dari CO₂ ini disimpan di dalam jaringan tumbuhan (kayu) yang kemudian kayu ini berguna bagi manusia. Suatu laporan menyebutkan bahwa sebatang pohon selama hidupnya

diprediksi mampu menyerap 7.500 gram karbon. Karena alasan inilah tumbuhan dikenal sebagai pelaku *carbon sinks*. Sumber lain menyebutkan bahwa secara taksiran kasar, dalam satu hari sebatang pohon menyerap CO₂ antara 20 dan 36 gram per hari. Bila di pekarangan rumah terdapat 10 buah pohon, maka dalam sebulan pekarangan rumah memberikan kontribusi menyerap CO₂ sebanyak 5,6 – 10,08 kg atau menyimpan 750 kg karbon selama tanaman itu tumbuh di sana. Kalau di sekitar rumah ada 99 KK yang memiliki jumlah pohon sama maka jumlah CO₂ yang diserap menjadi 0,5 – 1,008 ton atau karbon yang disimpan sebanyak 75 ton (Rohman, 2009).

Gas CO₂ tidak beracun namun bila terakumulasi dalam jumlah yang besar apat berkumpul di atmosfer sehingga menyebabkan suhu udara bumi meningkat. Salah satu upaya untuk menekan konsentrasi CO₂ di udara yaitu dengan *global warming* menerapkan penambahan area hijau atau yang dikenal dengan konsep ruang terbuka hijau (RTH). Permendagri No. 1 Tahun 2007 menetapkan luas ideal untuk Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kawasan Perkotaan adalah sebesar 20% (dua puluh) persen dari lahan publik dan 10% dari lahan privat, sedangkan Undang-Undang No. 26 tahun 2007 sebesar 30% dari luas wilayah kota. Proporsi ini merupakan ukuran minimal untuk menjamin keseimbangan ekosistem kota, baik keseimbangan sistem hidrologi dan system iklimat, maupun sistem ekologis lain, yang selanjutnya akan meningkatkan ketersediaan udara bersih yang diperlukan masyarakat, serta dapat meningkatkan nilai estetika kota. Salah satu RTH yang sesuai untuk daerah perkotaan yaitu Hutan Kota (Aeni, 2011).

Satu-satunya makhluk hidup di atas permukaan bumi ini yang dapat menyerap karbondioksida hanya jenis tanaman atau tumbuhan. Kemampuan tersebut dimiliki disebabkan karena tumbuhan dapat melakukan fotosintesis untuk menghasilkan energi atau makanan yang

dibutuhkan oleh tumbuhan itu sendiri. Proses fotosintesis dilakukan dengan cara menyerap karbondioksida (CO₂) dan air yang dengan bantuan sinar matahari, CO₂ tersebut dirubah menjadi glukosa dan oksigen. Proses fotosintesis ini dilakukan oleh tanaman melalui klorofil yang terdapat pada daun. Meski semua tanaman memiliki kemampuan dalam melakukan fotosintesis, namun kemampuannya dalam mengubah karbondiosida menjadi glukosa dan oksigen berbeda-beda antara tanaman yang satu dengan yang lain. Banyak faktor yang membuat kemampuan masing-masing tanaman dalam berfotosintesis berbeda, diantaranya adalah: perbedaan kualitas klorofil dari setiap tanaman yang tidak sama yang ditentukan oleh sedikit-banyaknya magnesium yang terdapat pada klorofil daun yang ada pada tanaman tersebut. Selain itu juga dipengaruhi oleh umur daun, luasnya ukuran daun, serta fase pertumbuhan tanaman. Selain faktor internal, kemampuan tumbuhan dalam melakukan fotosintesis juga dipengaruhi oleh faktor eksternal, diantaranya adalah: kecukupan paparan sinar matahari, kesesuaian suhu udara, dan ketersediaan air.

Pertanyaannya adalah berapa jumlah karbondioksida (CO₂) yang dihasilkan dari kegiatan manusia dari sektor energi (listrik, LPG, BBM) di lingkungan D.I.Yogyakarta, dan berapa jumlah vegetasi tanaman atau pohon yang harus ditanam untuk mereduksi emisi karbondioksida (CO₂) tersebut sebagai parameter utama gas rumah kaca dari sektor energi yang ada di lingkungan D.I.Yogyakarta.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan berbasis analisis jejak karbon (*carbon footprint analysis*) dengan instrument program Excel yang dirancang khusus untuk menghitung berapa jumlah karbondioksida (CO₂) yang dihasilkan dari kegiatan manusia khususnya sektor energi (listrik, LPG, BBM) di lingkungan

D.I.Yogyakarta, dan berapa jumlah vegetasi tanaman atau pohon yang harus ditanam untuk mereduksi emisi karbondioksida (CO₂) tersebut sebagai parameter utama gas rumah kaca dari sektor energi yang ada di lingkungan D.I.Yogyakarta. Penelitian yang dilakukan menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif yang dihasilkan ditampilkan dalam bentuk narasi eksplorasi secara informatif dan komprehensif. Adapun data kuantitatif disajikan dalam bentuk matrik numerik, tabel dan gambar kuantitatif terkait dengan trend suatu obyek, dan semua data yang diperoleh dianalisis secara eksploratif-komparatif.

Penelitian ini dilakukan di lingkungan D.I.Yogyakarta. Sampel ditentukan dengan metode *convenience sampling*. *Convenience sampling* merupakan sampel non probabilitas yang tidak terbatas, dimana sampel dipilih dari anggota populasi yang paling mudah untuk ditemui dan dimintai informasi (Hadi, 1987, Cooper dan Emory, 1991). Penelitian ini didukung oleh data primer yang diperoleh secara langsung di lokasi sampel dan didukung juga dengan data sekunder yang diperoleh dari *stakeholders* terkait (Badan Pusat Statistik, Badan lingkungan Hidup, dan dinas Pertanian Provinsi D.I.Yogyakarta) yang berkaitan dengan data jumlah konsumsi energi (listrik, LPG, BBM) per bulan di D.I.Yogyakarta.

Penghitungan besarnya emisi CO₂ primer digunakan metodologi yang distandarisasi *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) yaitu *A/R Methodological Tools* tentang penghitungan emisi gas rumah kaca pada pemakaian bahan bakar fosil. Rumus yang digunakan dalam perhitungan ini merupakan jenis langsung yang karena pemakaian bahan bakarnya ditentukan dan digunakan pada kendaraan yang beroperasi di lingkungan industri. Berikut ini adalah rumus yang digunakan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (2006) dan UNFCCC (2014):

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{FC} \times \text{CEF} \times \text{NCV}$$

Keterangan:

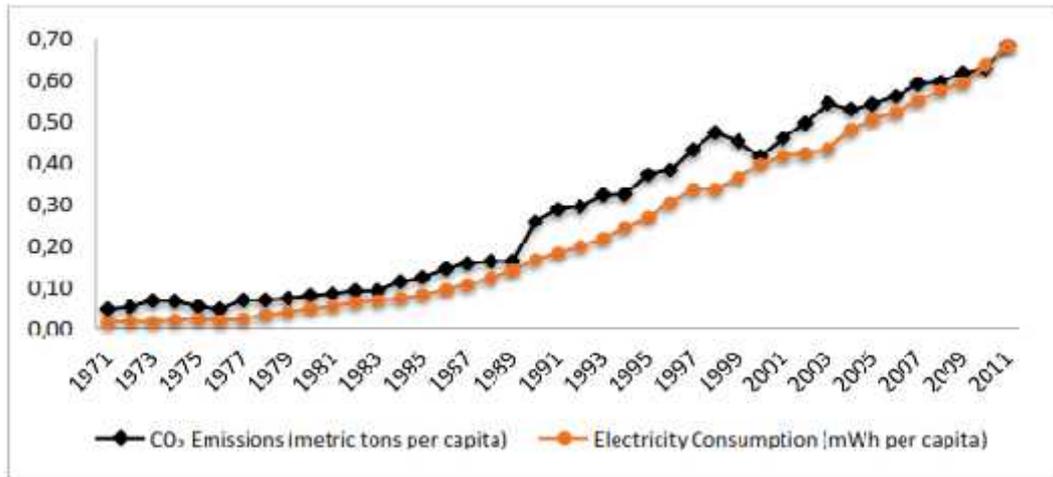
Emisi CO ₂	: jumlah emisi CO ₂ (satuan massa)
FC	: jumlah bahan bakar fosil yang digunakan (massa/volume)
NCV	: nilai Net Calorific Volume (energy content) per unit massa atau volume bahan bakar (TJ/ton fuel)
CEF	: Carbon Emission Factor (ton CO ₂ /TJ)

Perhitungan *Carbon Footprint* berbasis program Microsoft Excel standard IPCC menggunakan peralatan, yaitu komputer atau laptop, dan program perhitungan *carbon footprint* menggunakan Microsoft Excel. Data-data emisi karbon seluruh anggota kelompok dimasukkan ke dalam sel berwarna kuning sesuai dengan kategori emisi. Dalam penelitian ini hanya dibatasi untuk 1 sektor utama saja yakni sektor energi (listrik, LPG, BBM) di D.I.Yogyakarta. Rumus tersebut diadopsi dari standar IPCC (2006) dan/atau UNFCCC (2014). Hasil perhitungan dari rumus 1-6 tersebut selanjutnya dianalisis dengan pendekatan *conteint analysis* untuk merancang model reduksi emisi gas rumah kaca (*greenhouse gases*) menggunakan analisis jejak karbon (*carbon footprint*) dan rekomendasi jumlah pohon yang harus ditanam untuk pembangunan berkelanjutan di lingkungan D.I.Yogyakarta.

APBN Indonesia, melalui poin subsidi energi. Indonesia termasuk salah satu negara yang menandatangani *Kyoto Protocol*. Ironisnya, kondisi daur hidup kelistrikan Indonesia sangat bertentangan dengan misi nasional dan internasional tersebut. Ini dibuktikan dengan masih dominannya penggunaan bahan bakar fosil sebagai input energi listrik utama di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut data Bank Dunia (2013), konsumsi energi listrik di Indonesia terus meningkat dari tahun 1971 sampai 2011. Peningkatan ini tentu menyebabkan eksternalitas negatif terhadap kualitas lingkungan. Seperti diketahui sebelumnya energi listrik yang dikonsumsi tersebut dominan berasal dari bahan bakar fosil, sehingga dapat meningkatkan intensitas emisi gas rumah kaca dan memperburuk kualitas lingkungan. Selain itu, ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar fosil ini juga berakibat buruk pada terjadinya defisit anggaran nasional dalam



Gambar 3. Peningkatan konsumsi listrik di Indonesia linear dengan emisi karbon (diolah dari Databank, World Bank, 2013)

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan provinsi terkecil setelah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, yang terdiri atas Kabupaten Kulon Progo, Kabupaten Bantul, Kabupaten Gunung Kidul, Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta. Luas wilayah Provinsi DIY mencapai 3.185,80 km, dengan wilayah terluas adalah Kabupaten Gunung Kidul dan wilayah terkecil adalah Kota Yogyakarta. Pada tahun 2008 jumlah penduduk Provinsi DIY tercatat sebanyak 3,47 juta jiwa. Perekonomian Provinsi DIY selama tahun 2007 tumbuh sekitar 4,31% per tahun dengan produk domestik regional bruto (PDRB) mencapai 32,92 triliun Rupiah. Sektor pertambangan mengalami pertumbuhan paling besar yaitu sebesar 9,69% per tahun, disusul dengan sektor bangunan dan listrik/gas/air. Sedangkan pertumbuhan sektor industri pengolahan dan sektor pertanian relatif kecil (BPS, 2008).

Provinsi DIY merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang tidak memiliki potensi sumber daya energi fosil. Untuk memenuhi kebutuhannya seperti bahan bakar minyak (BBM), batubara dan gas harus dipasok dari daerah lain. Pasokan BBM dilakukan oleh Pertamina UPMS IV yang melayani penyediaan dan distribusi BBM untuk Provinsi Jawa Tengah dan DIY. BBM di wilayah Provinsi DIY

dipasok dari depot Rewulu sedangkan depot ini mendapat pasokan BBM (bensin, minyak solar, dan minyak tanah) dari kilang minyak Unit Pengolahan (UP) IV Cilacap melalui terminal transit Lomanis dengan menggunakan pipa. Sementara itu BBM jenis avtur dari kilang minyak Cilacap dikirim ke depot Rewulu melalui depot Cilacap dengan menggunakan sarana angkut *rail tank wagon* (RTW). Dari depot Rewulu bensin dan minyak solar didistribusikan ke stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) untuk selanjutnya didistribusikan ke konsumen. Sedangkan minyak tanah yang semula disalurkan ke agen penyalur minyak tanah (APMT) mulai ditiadakan dan diganti dengan penggunaan LPG. Saat ini untuk memenuhi kebutuhan LPG sudah ada dua stasiun pengisian *bulk* elpiji (SPBE) yang berada di Kabupaten Sleman dan Bantul dengan kapasitas 50 MT. Distribusi LPG dilakukan melalui 72 agen LPG dengan 37 agen di antaranya merupakan APMT yang melakukan konversi usaha. Program konversi minyak tanah ke LPG di Propinsi DIY dimulai sejak 2007 dan telah dinyatakan selesai pada bulan Mei 2009 (Sugiyono, 2010).

Energi listrik yang digunakan untuk aktivitas perekonomian di Provinsi DIY sebagian besar dipasok dari jaringan interkoneksi listrik Jawa-Bali. Daya terpasang pada tahun 2007 mencapai 807,63 MW. Hanya sekitar 70 MW yang

menggunakan *captive power* baik berupa *captive* murni maupun hanya sebagai cadangan bila pasokan dari PLN terganggu. Total penggunaan energi listrik mencapai sebesar 1.726,98 GWh dengan laju pertumbuhan dalam kurun waktu 2003-2007 rata-rata sebesar 8,41% per tahun. Penggunaan listrik terbesar adalah di sektor rumah tangga yaitu sebesar 57% dari total penggunaan listrik. Diikuti oleh sektor bisnis sebesar 19%, sektor industri sebesar 11%, dan sektor sosial sebesar 7%. Sedangkan sektor publik merupakan sektor yang paling sedikit mengkonsumsi energi listrik yaitu sebesar 6%. Dengan semakin meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan penduduk maka diperkirakan pertumbuhan kebutuhan energi di Propinsi DIY juga terus meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat tersebut diperlukan adanya perencanaan yang baik dan berkesinambungan. Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk keperluan perencanaan energy adalah LEAP (*Long-Range Energy Alternatives Planning System*). Perencanaan energi dengan cakupan wilayah propinsi atau kabupaten sering disebut perencanaan energi daerah. Saat ini pemerintah daerah berkewajiban untuk menyusun perencanaan energi daerah dalam bentuk Rencana Umum Energi Daerah (RUED) seperti tertuang dalam Undang Undang No 30 tahun 2007 (Sugiyono, 2010).

Disamping itu pemerintah pusat terus mendorong pemerintah daerah untuk meningkatkan pemanfaatan energi alternatif dalam rangka menciptakan keamanan pasokan energi (*energy security of supply*) nasional. Mengingat kondisi geografis distribusi beban dan pembangkit yang belum merata perlu terobosan baru

untuk pengembangan energi lokal. Salah satu program yang sudah dijalankan saat ini adalah mengembangkan *decentralized power generation* melalui program Desa Mandiri Energi (DME). Program DME dimulai pada atahun 2007 dengan proyek percontohan di 140 desa yang kemudia berkembang menjadi 2.000 desa pada akhir tahun 2009. Ada dua tipe DME yaitu: pertama, berbasis pada sumber energi non pertanian seperti energi air, surya, dan angin, sedangkan kedua berbasis pada sumber energi dari pertanian seperti biomassa dan biofuel yang berasal dari hasil pertanian dan hutan. Pengembangan DME ini merupakan program terpadu yang dikaitkan dengan pengembangan ekonomi produktif untuk mengurangi kemiskinan dan membuka lapangan kerja baru, serta mensubstitusi bahan bakar minyak fosil (Sugiyono, 2010).

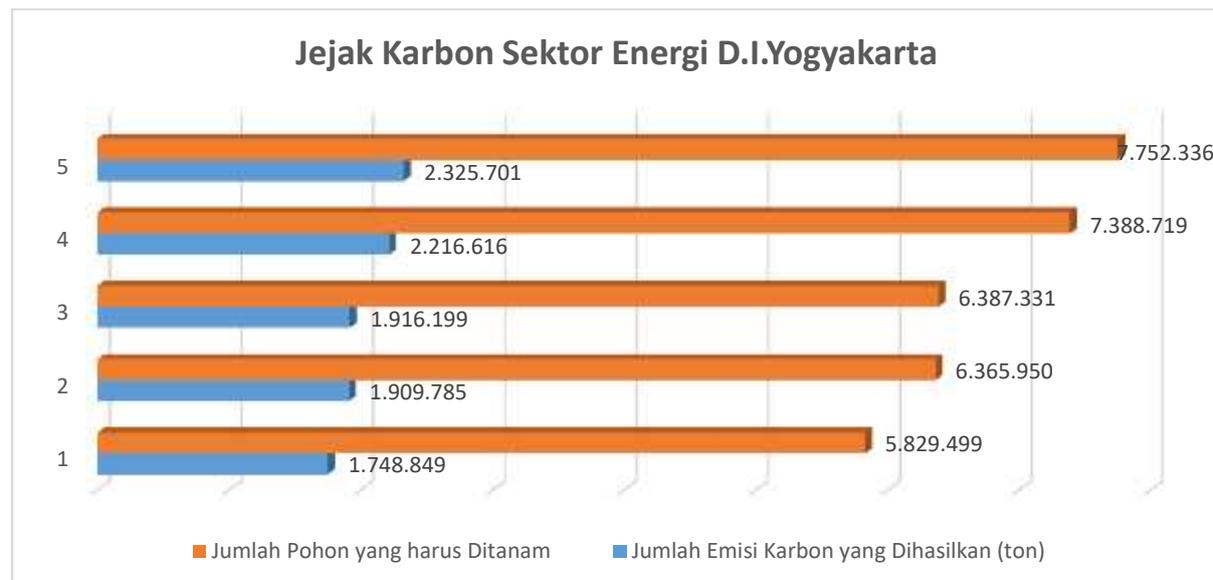
Propinsi DIY mempunyai sumber energi terbarukan, seperti: energi air, surya, angin, ombak dan biomasa. Sumber energi terbarukan ini merupakan energy alternatif meskipun hingga saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Beberapa teknologi yang potensial untuk dikembangkan adalah teknologi proses bahan bakar nabati (BBN) dan biogas; pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) dan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Dengan pengembangan energi alternatif melalui program DME diharapkan dapat memacu peningkatan rasio elektrifikasi di Provinsi DIY yang saat ini baru mencapai 79,64% (PLN, 2009). Prospek energi alternatif tersebut dibahas lebih lanjut dalam kerangka perencanaan energi daerah Propinsi DIY untuk jangka panjang (Sugiyono, 2010).

Tabel 1. Jumlah konsumsi listrik, LPG, bensin, dan solar D.I.Yogyakarta

Sumber Emisi	Tahun				
	2011	2012	2013	2014	2015
Konsumsi Listrik (Kwh) per bulan	155,814,048	170,312,668	170,518,349	197,467,726	207,012,782
Konsumsi LPG (Liter) per bulan	12,984,504	14,192,722	14,209,862	16,455,644	17,251,065

Konsumsi Bensin (Liter) per bulan	1,258,182	1,312,361	1,457,775	1,603,189	1,748,603
Konsumsi Solar (Liter) per bulan	1,082,042	1,182,727	1,184,155	1,371,304	1,437,589
Jumlah Emisi Karbon yang Dihasilkan (Kg)	1,748,849,439	1,909,784,948	1,916,199,094	2,216,615,613	2,325,700,618
Jumlah Pohon yang harus Ditanam	5,829,499	6,365,950	6,387,331	7,388,719	7,752,336

*data diolah dari Badan Lingkungan Hidup DIY dan Badan Pusat Statistik DIY



Gambar 4. Jejak karbon (karbondioksida yang dihasilkan dan pohon yang harus ditanam) D.I.Yogyakarta (1:2011, 2:2012, 3:2013, 4:2014, 5:2015)

Berdasarkan data Tabel 1 dan Gambar 4 di atas, dapat diketahui trend peningkatan konsumsi energi listrik dari tahun 2011 sampai tahun 2015. Hal ini selaras dengan hasil temuan Bank Dunia (2013) bahwa konsumsi energi listrik di Indonesia terus meningkat dari tahun 1971 sampai 2011. Peningkatan ini tentu menyebabkan eksternalitas negatif terhadap kualitas lingkungan. Seperti diketahui sebelumnya energi listrik yang dikonsumsi tersebut dominan berasal dari bahan bakar fosil, sehingga dapat meningkatkan intensitas emisi gas rumah kaca dan memperburuk kualitas lingkungan. Selain itu, ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar fosil ini juga berakibat buruk pada terjadinya defisit anggaran nasional dalam APBN Indonesia, melalui poin subsidi

energi. Konsekwensi dari emisi karbon tersebut mengharuskan pemerintah untuk menanam pohon sebagai reduktor cemaran udara. Jumlah pohon yang harus ditanam secara linear juga meningkat seiring dengan jumlah konsumsi energi listrik khususnya di D.I.Yogyakarta dan umumnya di Indonesia. Secara umum jumlah emisi karbon (CO₂) sektor energi di D.I.Yogyakarta tahun 2011-2015 adalah 1,748,849,439 Kg - 2,325,700,618 Kg adapun jumlah pohon yang harus ditanam sebagai konversi jumlah emisi tersebut tahun 2011-2015 adalah 5,829,499 - 7,752,336 pohon. Jika dilihat secara detail maka tampak bahwa setiap komponen energi, konsumsinya meningkat setiap tahunnya baik energi listrik, LPG maupun

BBM sehingga jumlah pohon yang harus ditanam setiap tahunnya juga meningkat.

KESIMPULAN

Secara umum jumlah emisi karbon (CO₂) sektor energi di D.I.Yogyakarta tahun 2011-2015 adalah 1,748,849,439 Kg - 2,325,700,618 Kg adapun jumlah pohon yang harus ditanam sebagai konversi jumlah emisi tersebut tahun 2011-2015 adalah 5,829,499 - 7,752,336 pohon. Jika dilihat secara detail maka tampak bahwa setiap komponen energi, konsumsinya meningkat setiap tahunnya baik energi listrik, LPG maupun BBM sehingga jumlah pohon yang harus ditanam setiap tahunnya juga meningkat.

Ucapan Terimakasih

Disampaikan banyak terimakasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Islam Indonesia yang telah membiayai penelitian ini hingga selesai dilaksanakan, semoga bermanfaat.

Daftar Pustaka

- Aeni, N. 2011. Aplikasi SIG Dan Penginderaan Jauh Dalam Penentuan Kecukupan Dan Prediksi Luasan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Rosot CO₂ Di Kabupaten Kudus, Jawa Tengah. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika), 2013. Matahari Tepat di Atas DIY Suhu Udara 37 Derajat Celcius Yogyakarta, <http://www.matarama.co.id/news/matahari-tepat-di-atas-diy-suhu-udara-37-derajat-celcius.html>
- Barnett, A., Barraclough, R.W., Becerra, V., Nasuto, S. 2012. A comparison of methods for calculating the carbon footprint of a product, TSBE Conference Paper. United Kingdom.
- BPS (2008) Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka 2008. Badan Pusat Statistik Provinsi D.I. Yogyakarta, Yogyakarta.
- Cooper, DR dan CW Emory . 1991. *Business Research Method*, 5th ed. Richard D Irwin Inc, Chicago.
- Hadi, SW (1987), *Metodologi Riset*, Jilid 1, Yayasan Penerbit Fakultas Psikologi UGM, Yogyakarta.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2006. General Guidance and Reporting. Journal of IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1(2006) chapter 1 page 1.5.
- Kurniawan, A. 2016. Tanaman yang Paling Banyak Menyerap Karbondioksida. <http://www.kebunpedia.com/thread/s/tanaman-yang-paling-banyak-menyerap-karbondioksida.3857/>
- Rohman, A.S. 2009. Pohon: Penyerap CO₂ Pencemar, Penghasil Oksigen dan Penyimpan Karbon. <http://www.feunpak.web.id/artikel-fe/111-pohon-penyerap-co2-pencemar-penghasil-oksigen-dan-penyimpan-karbon>
- Sugiyono A. (2010). Pengembangan Energi Alternatif Di Daerah Istimewayogyakarta:Prospek Jangka Panjang. Prosiding Call for Paper Seminar Nasional VI, ISBN No. 978-979-1334-29-7, Universitas Teknologi Yogyakarta 2010
- The World Bank (2013). Databank. (<http://data.worldbank.org/>)
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), 2014. <http://unfccc.int/2860.php>
- Wulandari, M.T., Hermawan, dan Purwanto, 2013. Kajian Emisi CO₂ Berdasarkan Penggunaan Energi Rumah Tangga Sebagai Penyebab Pemanasan Global (Studi Kasus Perumahan Sebantengan, Gedang Asri, Susukan RW 07 Kab. Semarang), Prosiding Seminar

- Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013.
- Wiedmann, T. dan Minx, J. 2008. A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends: Chapter 1, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA. (Italy) as a case study “
Environmental Impact Assessment Review, Vol 29, pp. 39-50.
- Wright, L., Kemp, S., Williams, I. .2011.'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition. Carbon Management, 2 (1): 61-72.