Dampak Kegiatan Ekonomi Terhadap Lingkungan : Sebuah Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Indonesia

Hairin Fajeri[1], Maryunani[2], Zainal Fanani[2] dan Luthfi[1]

[1]Dosen Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru
[2]Dosen Universitas Brawijaya Malang

ABSTRACT

This paper is intended as part of efforts to mitigate climate change through the analysis of both the emission of GHG emissions in the past and future emissions. To determine the sectors that have the potential to reduce emissions and make the emission reduction scenarios. The analysis was performed by the method of decomposition and emission projections. Emission intensity is a measure of the level of emissions per unit of economic activity (as measured by GDP). By comparing the change in the emission intensity of fossil fuels, and GDP. Indonesia's emissions from burning fossil fuels is growing faster than GDP during the decade 1970-2010, so that the emission intensity increases. But Indonesia's emissions intensity also increased sharply from 1970-2010-2 percent per year.Changes in average annual population, GDP per capita, energy intensity and carbon intensity, that in the long term for CO2 emissions in Indonesia is increasing carbon intensity. The average annual growth of carbon intensity in Indonesia is relatively high, the annual energy intensity in Indonesia is in the right direction, albeit less progressive. Indonesia's carbon intensity (kg per kg of fuel use eq. Energy) 1.5 kg in 1990 to 2.1 kg in 2010.Looking at CO2 emissions by sector, that industrial activity has become a major source of CO2 emissions, one of the reasons is that the increasing number of companies in the industry. CO2 emissions from the transportation sector grew steadily but lower than the industrial sector. It is interesting that the emissions from the electricity sector grew most rapidly since the mid-1990s. CO2 emissions from the residential sector grew the slowest, perhaps reflecting the growing of household electrification.The share of emissions by sector shows the same thing: is the largest industry, electricity is the fastest growing. While total emissions have grown by about 7.5 percent per year, emissions from electricity grew approximately 11 percent / year in the last two decades.Emission reduction potential in the sector, there are 34 sectors of the economy that have the potential to reduce emissions such as electricity, mining, agriculture, forestry, industry, transport and others.Baseline, through decomposition analysis with known emission rate of change of 9.5% per year and the amount of emissions by 2010, 410 million tCO2e then emissions by 2020 if no intervention would be 799 million tons. Emission reduction scenarios by 2020, without intervention would be 799 million tons, with a reduction of 26% (208 million

tCO2e) then becomes 591 million tCO2e emissions; and a reduction of 41% (328 million tCO2e), the emissions would be 471 million tCO2e.

Keywords: emissions, baseline, reduction, sector, scenario.

Pendahuluan

Salah satu masalah lingkungan terbesar yang dihadapi umat manusia adalah karena emisi yang biasanya tidak secara langsung berbahaya bagi manusia. Karbon dioksida (CO_2) yang diproduksi dalam jumlah besar oleh pembakaran bahan bakar fosil, misalnya oleh mobil, proses industri, dan transportasi. Ini perangkap panas di atmosfer bumi, dan yang paling penting gas rumah kaca (GRK). Peningkatan kadar yang dihasilkan dari kegiatan ekonomi yang dianggap meningkatkan suhu udara dan laut di seluruh planet, sebuah fenomena yang dikenal sebagai "pemanasan global" atau "perubahan iklim." Ini, pada gilirannya, tampaknya akan menyebabkan mencairnya gletser dan lapisan es berskala besar, yang dapat menyebabkan kenaikan permukaan laut dan konsekuensi kehilangan daerah daratan yang luas, lahan pertanian dataran rendah, dan perpindahan dari sejumlah besar manusia dan hewan.

Perubahan iklim juga mungkin memiliki efek drastis pada pertanian karena perubahan suhu dan curah hujan. Banyak tanaman mungkin tidak dapat beradaptasi dengan kondisi kekeringan atau kebasahan. Kekeringan dapat mempengaruhi beberapa daerah, sementara yang lain mungkin menderita kebanjiran, karena meningkatnya curah hujan. Ini mungkin bahwa pemanasan lautan akan menyebabkan angin topan lebih sering, dan lebih parah.

Laporan dari Panel Antar pemerintah mengenai Perubahan Iklim menunjukkan bahwa peningkatan suhu rata-rata dari 1850-1899 sampai 2001-2005 telah mencapai 0.76^0 C. Permukaan laut global meningkat pada tingkat rata-rata 1,8 mm per tahun selama periode 1961 hingga 2003. Kenaikan dari permukaan laut tercatat selama abad ke-20 diperkirakan sekitar 0,17 m (IPCC 2007).

Laporan IPCC juga menyatakan bahwa aktivitas ekonomi telah memberikan kontribusi untuk pemanasan global sejak pertengahan abad ke-20. Pemanasan global ini akan terus meningkat pada tingkat yang lebih cepat di abad ke-21 jika tidak ada upaya untuk mengatasinya.

Pemanasan global menyebabkan perubahan iklim dan meningkatkan frekuensi dan intensitas kejadian cuaca ekstrim. IPPC menyimpulkan bahwa pemanasan global dapat menyebabkan perubahan yang signifikan terhadap sistem biologis dan fisik, seperti peningkatan intensitas siklon tropis, perubahan pola curah hujan, salinitas pola laut, angin, masa reproduksi hewan dan tumbuhan,

distribusi spesies dan populasi, epidemi, dan juga mempengaruhi berbagai ekosistem di lintang tinggi (termasuk Arktik dan Antartika), ketinggian lokasi, serta ekosistem pesisir.

Berdasarkan terjadinya bencana yang tercatat di OFDA / CRED International Disaster Database (2007), sepuluh kejadian bencana terbesar di Indonesia yang terjadi setelah tahun 1990 dan sebagian besar bencana ini adalah yang berhubungan dengan cuaca, khususnya banjir, diikuti oleh kekeringan, kebakaran hutan dan peningkatan penyakit endemik. Ini menunjukkan bahwa bencana yang berhubungan dengan cuaca telah meningkat dalam hal frekuensi dan intensitasnya. Kerugian ekonomis dari sepuluh bencana terbesar hampir 26 miliar USD, sekitar 70% yang dapat dikaitkan dengan iklim.

Menurut Laporan Bencana Dunia (2001), kerugian ekonomi global akibat peristiwa bencana iklim telah meningkat 14 kali dibandingkan dengan tahun 1950-an, mencapai 50-100 milyar USD per tahun. Demikian pula, jumlah kematian karena bencana terkait iklim juga meningkat 50% per dekade.

Hal di atas menunjukkan bahwa upaya sistematis dan terpadu oleh komunitas global untuk mengurangi laju pemanasan global, dikombinasikan dengan upaya peningkatan kapasitas mengatasi menuju perubahan iklim sangat diperlukan. Perubahan mendasar pada sistem perencanaan pembangunan yang oleh karena itu dibutuhkan. Iklim sekarang dan masa depan harus menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan rencana dasar pembangunan nasional, regional maupun sektoral, untuk jangka pendek, menengah dan jangka panjang.

Mengatasi perubahan iklim dalam konteks pembangunan berkelanjutan membutuhkan mitigasi perubahan iklim, dan juga sistem pengembangan yang tangguh dampak jangka panjang perubahan iklim. Upaya ini membutuhkan pendekatan lintas sektoral pada tingkat nasional dan regional. Upaya adaptasi harus dikombinasikan dengan mitigasi, adaptasi karena tidak akan efektif jika laju perubahan iklim melebihi kemampuan adaptasi. Mitigasi adalah upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari berbagai sumber/ sektor dan meningkatkan penyerapan oleh berbagai faktor, sehingga mengurangi beban dampak perubahan iklim pada generasi mendatang.

Sebagai salah satu tahapan proses reduksi emisi upaya mengatasi perubahan iklim, penelitian ini menjawab beberapa permasalahan pokok di bawah ini.

Masalah pokok pada penelitian ini adalah:

a. Sektor-sektor ekonomi apa saja yang menyebabkan emisi tersebut ?
b. Seberapa besar perubahan emisi gas rumah kaca sebagai akibat dari kegiatan ekonomi ?

c. Berapa besar tingkat emisi gas rumah kaca tersebut (volume fisik) untuk periode beberapa tahun ke depan, jika tanpa upaya mitigasi dan adaptasi ?
d. Bagaimana skenario reduksi emisi yang harus dibuat untuk mengontrol dan mengurangi emisi tersebut?

Tujuan

Penelitian ini bersifat interdisipliner dan transdisipliner karena berkaitan dengan semua sektor ekonomi, dikaitkan dengan tema lingkungan dengan 8 macam unsur emisi, dan salah satu alat penilaian pembangunan berkelanjutan yang bersifat makroekonomi, menggunakan statistik diskriptif. Tujuan utama dari penelitian ini adalah :

a. Untuk mengetahui sektor-sektor dalam ekonomi yang dianggap sebagai sumber utama dalam emisi.
b. untuk mengetahui kontribusi dan perubahan akibat oleh kegiatan berbagai sektor ekonomi pada emisi selama periode penelitian 1990-2010.
c. untuk memperkirakan besarnya emisi selama beberapa tahun ke depan sebagai baseline, dan
d. membuat skenario reduksi emisi tersebut.

Manfaat

1. Sebuah referensi untuk pelaksanaan tindakan pengurangan emisi gas rumah kaca menurut prioritas sektor di tingkat nasional dan sektoral;
2. Sebuah referensi investasi terkait untuk koordinasi pengurangan emisi gas rumah kaca di tingkat nasional, dan tingkat sektoral;
3. Sebuah referensi dalam pengembangan strategi dan tindakan pengurangan emisi gas rumah kaca di Indonesia.
4. Dapat digunakan untuk menggambarkan rencana pembangunan nasional ke depan atau strategi pembangunan yang mencakup rendah emisi dan/atau pertumbuhan ekonomi tahan terhadap perubahan iklim.
5. Dapat digunakan dalam merumuskan rencana, aksi, monitor, kontrol dan verifikasi emisi GRK untuk mengatasi perubahan iklim dan sebagai pedoman oleh berbagai lembaga dalam melaksanakan upaya yang terkoordinasi dan terpadu untuk mengatasi perubahan iklim.

Landasan Teori

Emisi GRK berasal dari berbagai sumber karbon dioksida (CO2), metana (CH4), nitrous oxide (N2O), dan gas fluorinated (HFC, PFC dan SF6). CO2 membuat kontribusi terbesar emisi GRK global; gas terfluorinasi (F-gas) hanya menyumbang beberapa persen. Sumber terbesar dari CO2 adalah pembakaran bahan bakar fosil dalam sistem konversi energi seperti boiler di pembangkit tenaga listrik, mesin dalam pesawat terbang dan mobil, dan dalam memasak dan pemanas di

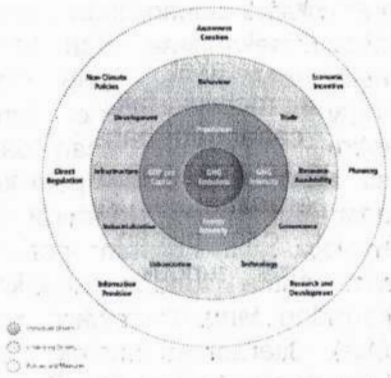
dalam rumah dan bisnis. sementara sebagian besar GRK berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, sekitar sepertiga berasal dari kegiatan lain seperti pertanian (terutama CH4 dan N2O), deforestasi (terutama CO2), produksi bahan bakar fosil (terutama CH4) proses industri (terutama CO2, N2O dan F-gas) dan limbah dan air limbah kota (terutama CH4) (IPCC, 2013).

Konsentrasi gas rumah kaca, termasuk CO2 dan metana (CH4), di atmosfer telah terus meningkat sejak awal Revolusi Industri (Etheridge et al, 1996, 2002.; NRC, 2010). Emisi CO2 antropogenik dari pembakaran bahan bakar fosil telah menjadi kontributor utama meningkatnya tingkat gas rumah kaca-konsentrasinya di atmosfer, diikuti oleh emisi CO2 dari penggunaan lahan, perubahan penggunaan lahan, dan kehutanan (LULUCF).

Bagian ini berfungsi sebagai referensi untuk menilai, dalam bagian berikutnya , potensi jalur emisi di masa depan, untuk langkah-langkah mitigasi. Untuk penilaian yang sistematis terhadap penggerak utama tren emisi GRK , dan bab selanjutnya menggunakan analisis dekomposisi berdasarkan Kaya identitas. Untuk faktor-faktor seperti energi, populasi, produk domestik bruto (PDB) per kapita, intensitas energi , dan intensitas energi emisi GRK.

Untuk sektor lain, dua faktor terakhir adalah digabungkan menjadi intensitas emisi gas rumah kaca. Kedua, menganggap driver utama didefinisikan sebagai proses, mekanisme, dan karakteristik masyarakat yang mempengaruhi melalui faktor emisi, seperti cadangan bahan bakar fosil dan ketersediaan, pola konsumsi, perubahan struktural dan teknologi, dan pilihan perilaku. Driver utama tunduk pada kebijakan dan langkah-langkah yang dapat diterapkan untuk, dan bertindak atas emisi GRK. Perubahan driver yang mendasarinya, pada gilirannya, menyebabkan perubahan da-lam driver langsung dan, akhirnya, dalam tren emisi gas rumah kaca. Pengaruh driver langsung pada emisi gas rumah kaca dapat diukur melalui analisis dekomposisi; efek yang mendasari driver pada driver langsung, bagaimanapun, tidak mudah dan, karena alasan itu, sulit untuk mengukur dalam hal efek utama pada emisi gas rumah kaca. Selain itu, kadang-kadang driver langsung dapat mempenga-ruhi driver yang mendasari dalam arah reverse. Kebijakan dan lang-kah-langkah pada gilirannya mempengaruhi interaksi ini. Gambar 1 mencerminkan interkoneksi antara emisi gas rumah kaca, driver langsung, driver yang mendasari, kebijakan dan langkah-langkah serta interaksi di ketiga kelompok melalui garis putus-putus.

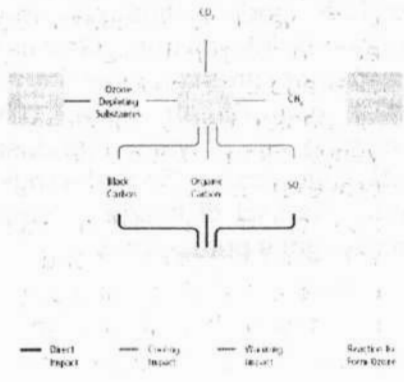
Gambar 1. Interkoneksi antara emisi gas rumah kaca, penggerak langsung, kebijakan dan tindakan



Sumber : IPCC, 2014

Gambar.2 menawarkan gambaran hubungan antara perubahan iklim dengan tujuan sosial dan lingkungan lainnya melalui kebijakan yang mempengaruhi emisi GRK. Bab-bab berikut akan menilai banyak interaksi ini antara emisi terkait dengan pembakaran bahan bakar fosil.

Gambar 2. Dampak dan hubungan antara emisi yang dipancarkan ke atmosfer.



Sumber : Diadopsi dari (UNEP 2007)

Mengembangkan dan menentukan emisi skenario baseline

Bagian ini adalah yang paling relevan untuk penelitian dengan tujuan sebagai pengurangan dari emisi skenario baseline. Namun, mengembangkan skenario baseline juga bisa menjadi keputusan yang berguna sebagai alat, bahkan dengan jenis tujuan lainnya.

Kerangka untuk tujuan sebagai pengurangan emisi skenario baseline, pelacakan bermakna dan kon-sisten dari kemajuan dari waktu ke waktu mengharuskan peneliti mengembangkan skenario base-line representatif dan dapat diandalkan dan menentukan emisi skenario baseline.

Sebuah skenario baseline emisi adalah proyeksi lintasan emisi yang dapat digunakan untuk mengatur tujuan dan melacak kemajuan menuju pencapaian.

Skenario baseline sangat penting untuk menetapkan tujuan mitigasi dibingkai sebagai pengurangan dari baseline atau skenario bisnis seperti biasa dan pelacakan kemajuan pencapaian mereka. Namun, mereka juga dapat digunakan oleh para pengambil keputusan untuk memahami emisi kemungkinan jalan. Informasi ini dapat menginformasikan desain strategi mitigasi dengan memungkinkan yurisdiksi untuk memahami besarnya kemungkinan emisi pengurangan yang akan diperlukan untuk memenuhi tujuan mereka.

Untuk tujuan awal, pembangunan skenario baseline dapat memiliki dampak yang signifikan pada ambisi tujuan. Sebuah dasar kurang atau over-estimasi dapat menyebabkan kesalahan alokasi sumber daya atau dapat memungkinkan untuk memenuhi pengurangan sementara melakukan sangat sedikit di jalan emisi bersih pengurangan. Oleh karena itu, dalam rangka untuk memastikan integritas lingkungan dari tujuan awal, sangat penting bahwa skenario baseline dikembangkan secara hati-hati, konsisten, dan transparan, dan menjadi wakil dari kemungkinan pertumbuhan emisi. Sebuah skenario baseline bisa sama sebagai lintasan bisnis seperti biasa (BAU), tetapi juga bisa ditetapkan sebagai tingkat emisi yang menggabungkan kebijakan dan langkah-langkah yang tersisa dari sebuah BAU.

Tidak ada pedoman standar yang ada untuk menetapkan skenario baseline nasional, sub-nasional, atau sektoral. Sebagian, alasannya adalah bahwa skenario baseline yang dibuat dalam keragaman cara untuk menyesuaikan tujuan khusus dan keadaan.

Faktor-faktor yang dimasukkan dalam pembentukan baseline BAU Skenario adalah:

1. Proyeksi tanpa kebijakan iklim, dan kelanjutan dari kebijakan saat ini,
2. Gambaran dan tren data emisi historis,
3. Uncertainties
4. Evolusi penawaran dan permintaan,
5. Efektivitas biaya, dan
6. Kinerja yang diharapkan dari sistem.
7. Penduduk
8. Energi
9. GDP

Istilah skenario baseline

Ada berbagai istilah yang digunakan untuk menggambarkan proyeksi emisi. Skenario dasar atau skenario bisnis seperti biasa (BAU). Standar ini menggunakan istilah dasar dan dasar skenario sebagai istilah generik untuk proyeksi emisi.

Tujuan awal skenario

Pembangunan skenario baseline tergantung pada sejumlah elemen kunci,termasuk:

- Cakupan - gas yang dan sektor yang tercakup dalam skenario baseline?
- Pengukuran - Yang akan digunakan untuk menghitung skenario baseline?
- Periode historis referensi dan kerangka waktu - tahun dari persediaan gas rumah kaca adalah referensi historis untuk skenario baseline?
- Kerangka Pemodelan - Model yang akan digunakan untuk proyeksi emisi
- Key driver emisi dan asumsi yang mendasari - pendorong utama emisi dan asumsi yang mendasari akan digunakan
- Data - Apa kebutuhan data dan sumber
- Kebijakan dan langkah-langkah- Bagaimana kebijakan

dan tindakan dimasukkan dalam skenario baseline?
- Pengurangan emisi di luar batas tujuan-Bagaimana pengurangan emisi di luar batas tujuan diperhitungkan dalam skenario baseline?

Jangka Waktu

Jangka waktu untuk skenario baseline mengacu pada periode dimana emisi diproyeksikan. Dengan tujuan sebagai pengurangan relatif terhadap skenario dasar harus menggunakan kerangka waktu untuk skenario baseline yang cocok dengan periode tujuan. Sebagai contoh, jika periode tujuan berakhir pada tahun 2020, skenario baseline harus diproyeksikan untuk setidaknya tahun 2020. Untuk tujuan perencanaan, peneliti dapat memproyeksikan emisi jauh ke masa depan, di luar periode tujuan.

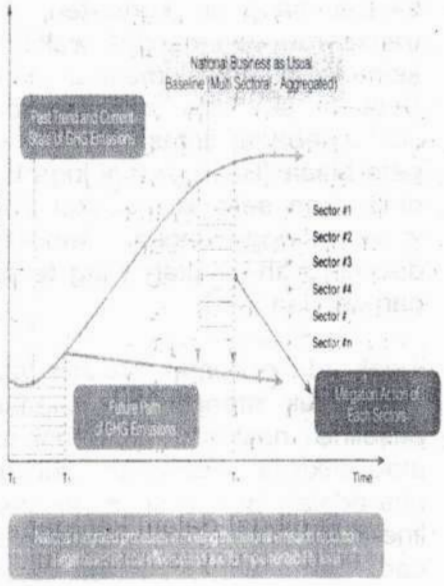
Menilai emisi yang akan datang dengan skenario

1. Memilih besarnya pengurangan emisi GRK :

Pemilihan besarnya reduksi emisi dalam penelitian sesuai dengan komitmen pemerintah dimana pada tahun 2020 emisi GRK indonesia akan berkurang sebesar 26 % (tanpa bantuan internasional) dan 41% (dengan bantuan internasional)

Tujuan ini merupakan pengurangan dari emisi baseline skenario. Sebuah penelitian yang memilih jenis sasaran ini mengungkapkan tujuan pengurangan (a) jumlah emisi berkurang (pada penelitian ini misal x juta ton CO2 ekuivalen dikurangi dari skenario dasar) atau (b) persen pengurangan emisi relatif terhadap skenario baseline emisi (pada penelitian ini, misalnya y % di bawah emisi skenario baseline). Ilustrasi cara reduksi emisi GRK seperti terlihat pada gambar 3 di bawah ini.

Gambar 3. Reduksi emisi dari skenario baseline.



Sumber : Bappenas, 2011.

Tujuan yang dirancang untuk mencapai pengurangan dalam emisi GRK yang dipancarkan ke atmosfer, pada umumnya, untuk lingkungan yang kuat/ tahan terhadap perubahan iklim.

Keadaan akan pertumbuhan ekonomi dapat menjadi pilihan tujuan berdasarkan intensitas karena mampu mendorong pertumbuhan

PDB sekaligus mengurangi emisi per unit output.

Dari perspektif akuntansi gas rumah kaca, terkait tujuan-skenario dasar menimbulkan risiko lingkungan yang rendah integritas sejak pengembangan dasar-skenario membutuhkan keputusan teknis serta politik tentang berbagai masukan dan peristiwa masa depan, yang mungkin tidak akurat. Misalnya, asumsi yang dipilih un-tuk driver emisi seperti pertumbu-han ekonomi dan bagaimana kebijakan dan langkah-langkah yang termasuk dalam skenario baseline akan memiliki dampak yang signifikan terhadap emisi yang dihasilkan pada skenario baseline. Selanjutnya, skenario baseline mencoba untuk memprediksi emisi masa depan, yang menurut definisi sangat sulit dan tidak menentu. Secara bersama-sama, masalah ini mengancam keakuratan segala skenario baseline dan juga integritas lingkungan terkait tujuan skenario dasar.

2. Memilih tingkat tujuan

Tingkat tujuannya adalah jumlah emisi atau pengurangan emisi yang akan dilakukan oleh dan merupakan tingkat target pengurangan. Ketika memilih tingkat tujuan, harus mempertimbangkan beberapa faktor, termasuk:

- Pengurangan emisi global yang diperlukan untuk mencapai stabilisasi atmosfer emisi gas rumah kaca yang konsisten membatasi pemanasan sampai 2 ° C di atas tingkat pra-industri, sebagaimana digariskan oleh ilmu iklim
- Sejarah kontribusi emisi global.
- Per kapita emisi relatif.
- Key driver emisi dan bagaimana diproyeksikan untuk berubah seiring waktu
- Kemungkinan lintasan emisi berdasarkan skenario dasar
- Hasil penilaian mitigasi, termasuk mengembangkan strategi pengurangan yang berbeda berdasarkan pada peluang pengurangan besar tersedia dan meneliti bagaimana proyeksi emisi berubah dengan strategi mitigasi yang berbeda
- Emisi berdasarkan sektor, dan menggabungkan peluang penurunan sektoral untuk mengembangkan tingkat tujuan
- Komitmen oleh pemerintah.

Tingkat tujuan dapat dinyatakan baik dalam hal:

- Nilai numerik tunggal. Sebuah penelitian yang memilih nilai numerik tunggal untuk tingkat tujuan akan memilih nomor tunggal ton gas rumah kaca, nilai persen, atau intensitas nilai emisi sebagai tingkat tujuan. Contohnya termasuk x juta tCO2e bawah emisi tahun dasar dan y % pengurangan intensi-tas gas rumah kaca.
- Rentang nilai numerik. Sebuah penelitian yang memilih rentang nilai numerik dapat menentukan perkiraan atas dan bawah untuk terikat tingkat tujuan, sehingga mencapai emisi tingkat/ intensitas dalam rentang yang akan menunjukkan pencapaian tujuan. Misalnya, mencapai pengurangan emisi dari 5-10% di ba-

wah baseline. Sementara rentang nilai numerik dapat menawarkan lebih banyak fleksibilitas dan lebih mengakomodasi peristiwa politik dan/atau ekonomi yang tak terduga, nilai numerik tunggal memberikan peningkatan kepastian emisi tingkat pada akhir periode tujuan, dengan asumsi tujuan terpenuhi.

c. Memilih panjang tujuan

Panjang tujuan sesuai dengan periode tujuan, yang merupakan periode waktu di mana berkomitmen untuk memenuhi tingkat tujuan. Peneliti dapat memilih tujuan jangka pendek, tujuan jangka panjang, atau kombinasi keduanya.

- jangka pendek. Tujuan jangka pendek umumnya dianggap tujuan apa pun dengan jangka waktu kurang dari 10 tahun.
- jangka panjang. Tujuan jangka panjang memiliki jangka waktu yang lebih panjang, misalnya lebih dari 10 tahun. Ketika memilih panjang tujuan, harus mempertimbangkan beberapa faktor, termasuk:
- pengurangan global yang diperlukan untuk mencapai stabilisasi atmosfer emisi gas rumah kaca yang konsisten membatasi pemanasan sampai 2 ° C di atas tingkat pra-industri, sebagaimana digariskan oleh ilmu iklim
- Hasil penilaian mitigasi, termasuk estimasi kerangka waktu untuk implementasi dan skala up strategi mitigasi
- panjang tujuan

Secara umum, periode tujuan lagi memfasilitasi perencanaan jangka panjang untuk perubahan struktural yang besar dan modal investasi dengan manfaat gas rumah kaca dan memberikan kepastian bagi bisnis dan pemangku kepentingan lainnya. Lagipula panjang tujuan juga dapat digunakan untuk mengurangi risiko kejadian tak terduga selama suatu tahun tertentu yang sementara meningkatkan emisi.

Tujuan jangka pendek dapat memobilisasi investasi dan perencanaan untuk pengurangan emisi yang lebih cepat dan mendorong fase-out dari praktek-praktek yang tidak efisien dan teknologi.

Karena tujuan jangka pendek dan jangka panjang menawarkan keuntungan yang signifikan, harus mengadopsi dan pasangan jangka pendek dan jangka panjang tujuan. Penelitian ini mengadopsi tujuan jangka pendek hingga 2020.

Memilih tahun dasar dan menentukan emisi tahun dasar :

Untuk kerangka tujuan sebagai pengurangan dari tahun dasar, pelacakan bermakna dan konsisten kemajuan lebih dari kali mengharuskan peneliti mendirikan tahun dasar dan menentukan emisi tahun dasar.

Istilah tahun dasar dan definisi :

Tahun dasar : tahun spesifik datum bersejarah terhadap yang emisi yang dilacak dari waktu ke waktu

Periode dasar : Sebuah rata-rata beberapa tahun datum bersejarah terhadap emisi yang dilacak dari waktu ke waktu

Memilih tahun dasar atau periode dasar

Sepanjang standar, tahun dasar digunakan sebagai singkatan berarti tahun dasar atau periode dasar. Peneliti baik memilih satu tahun atau kisaran tahun sebagai periode dasar.

Pertimbangan untuk memilih periode tahun dasar atau base:

- Kualitas data: Data emisi untuk tahun dasar atau periode dasar harus handal dan dapat diverifikasi
- Nesting: tahun dasar atau periode dasar dapat selaras dengan tujuan.

Peneliti harus memilih satu tahun atau periode dasar yang representatif, dapat diandalkan, dan dapat diverifikasi data emisi tersedia dan menentukan alasan untuk memilih tahun tertentu. Dalam penelitian menggunakan tahun dasar 1990.

Asumsi yang mendasari dan driver

Semua skenario baseline didasarkan pada asumsi tentang perubahan di masa depan key driver emisi. Oleh karena itu, penting bahwa peneliti mengidentifikasi driver emisi itu sendiri untuk masing-masing sektor dan gas GRK yang dicakup oleh tujuan penelitian.

Driver meliputi:

- kegiatan ekonomi
- pasokan energi dengan jenis bahan bakar
- intensitas emisi berdasarkan jenis bahan bakar
- penduduk

Setelah driver telah diidentifikasi, asumsi harus dibuat tentang bagai-mana driver tersebut akan berubah dari waktu ke waktu , khususnya antara tahun dasar atau periode dasar dan target tahun.

Beberapa asumsi dapat didasarkan pada proyeksi internasional. Sebagai contoh, jumlah penduduk di masa depan diperoleh dari proyeksi penduduk PBB, sedangkan data penggunaan energi masa depan dapat diperoleh dari proyeksi Badan Energi Internasional (untuk negara). Sebagai dasar untuk asumsi , harus menggunakan data resmi peer-review yang handal dan diverifikasi.

Kebaharuan Penelitian ini

1. Menggunakan metode dekomposisi untuk mengetahui dampak kegiatan ekonomi terhadap lingkungan, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan skenario baseline
2. Ditemukan baseline emisi GRK Indonesia yang dapat digunakan untuk skenario pengurangan emisi baik per sektoral maupun secara agregat

3. Ditemukan potensi masing-masing sektor ekonomi dalam pengurangan emisi GRK

Tinjauan Penelitian Terdahulu

Sebagai negara kepulauan tropis dengan ketergantungan sangat signifikan pada pertanian dan sum-ber daya alam, Indonesia sangat rentan terhadap perubahan iklim. Dampak yang timbul dari peruba-han iklim di Indonesia PEACE (2007):

- Kenaikan suhu: peningkatan rata-rata tahunan sebesar $0,3^0$ C telah diamati sejak tahun 1990. Suhu rata-rata tahunan di kawasan Asia Tenggara diperkirakan akan meningkat sebesar $4,8^0$ C pada tahun 2100 dari tingkat 1990.
- Curah hujan: kenaikan sekitar 2-3 persen yang diperkirakan, dan ditambah dengan musim hujan yang lebih pendek, risiko banjir akan meningkat;
- Produksi tanaman: kesuburan tanah diperkirakan akan berkurang dari waktu ke waktu. Mulai tahun 2020, hasil panen padi yang diperkirakan akan mulai menurun dan bisa menjadi 34 persen lebih rendah pada tahun 2100 dibandingkan deng-an tingkat tahun 1990. Perkiraan lain (Cline, 2007) kurang drastis, namun tetap menunjukan kemungkinan penurunan produktivitas pertanian sekitar 6-18 persen pada tahun 2080;
- Kenaikan permukaan laut: permukaan laut rata-rata global diproyeksikan akan meningkat sebesar 28-43 cm (IPCC,2007) atau bahkan 70 cm (ADB, 2009) pada akhir abad ini. Kenaikan ini dan lonjakan badai ditambah dengan penurunan tanah dapat meningkatkan kerusakan wilayah pesisir.

Permukaan laut juga berubah. Penelitian yang dilakukan di berbagai lokasi di Indonesia menunjukkan bahwa permukaan laut telah meningkat 8 mm per tahun. Jika emisi gas rumah kaca tidak dikurangi, maka permukaan laut bisa naik 60 cm pada tahun 2070 (ADB, 1994).

Selama empat dekade terakhir, bencana yang berhubungan dengan cuaca seperti banjir, kekeringan, badai, tanah longsor dan kebakaran hutan telah menyebabkan banyak korban jiwa dan mata pencaharian, menghancurkan infrastruktur ekonomi dan sosial serta menyebabkan kerusakan lingkungan. Di banyak tempat di dunia, frekuensi dan intensitas bencana ini cenderung meningkat (Sivakumar 2005). Banjir dan badai angin menyebabkan 70% total bencana dan 30% sisanya disebabkan oleh kekeringan, tanah longsor, kebakaran hutan, kerusakan gelombang panas, dll.

Berdasarkan data 10 tahun (1993-2002) pemantauan budidaya padi, dilakukan oleh Departemen Pertanian, daerah rata-rata pertanian lahan yang terkena kekeringan telah mencapai 220.380 hektar, dengan gagal panen lebih 43.434 ha, setara dengan kehilangan 190.000 ton gabah kering. Sementara daerah yang terkena dampak banjir

adalah 158.787 ha dengan gagal panen di 39.312 ha (setara dengan 174.000 ton kering biji-bijian). Me-nurut Departemen Pertanian, pada Januari-Juli 2007, luas lahan pertanian bahwa kekeringan yang dialami adalah 268.518 ha, dengan 17.187 ha mengalami kegagalan panen. Hasilnya adalah penurunan produksi padi dari 91.091 ton kering biji-bijian.

Perubahan iklim mungkin menyebabkan kekeringan dan curah hujan ekstrem yang akan menciptakan risiko yang lebih besar bencana iklim (Houghton, IPCC, 2007;). Laporan Kantor PBB untuk Koordinasi Urusan Kemanusiaan (2006) menunjukkan bahwa Indonesia adalah salah satu negara yang rentan terhadap bencana terkait perubahan iklim.

Dalam konteks hutan perubahan iklim memainkan peran kunci sebagai penyerap karbon (menyerap karbon), penyimpanan karbon (menyimpan karbon) dan sumber karbon (memancarkan karbon). Deforestasi dan degradasi dapat meningkatkan peran sebagai sumber, sementara penanaman, reboisasi dan kegiatan penanaman lain meningkatkan perannya sebagai penyerap dan penyimpanan. Emisi gas rumah kaca dari LULUCF di Indonesia berasal dari deforestasi (konversi hutan untuk penggunaan lain seperti pertanian, perkebunan, pemukiman, pertambangan, infrastruktur regional) dan degradasi (penurunan kualitas hutan karena pembalakan liar, kebakaran hutan, pemotongan, pembukaan lahan dengan tebas bakar, dan perladangan berpindah.

Metode Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian maka dilakukan kegiatan penelitian yang meliputi:

1. Ruang lingkup geografis : Indonesia
2. Periode data : 1970-2010
3. Data yang dikumpulkan berupa data dari sektor-sektor ekonomi yang memancarkan emisi GRK:
   - Karbon dioksida (CO2)
   - Metana (CH4)
   - Non - Methanic Volatile Organic Compounds (NMVOC)
   - Oksida nitrogen (NOx)
   - Sulfur dioksida (SO2)
   - Nitrous oksida (N2O)
   - Amonia (NH3)
   - Karbon monoksida (CO)

Selain itu dikumpulkan juga data seperti berikut ini :

- *CO2 emissions: Sectoral Approach*
- *CO_2 emissions: Sectoral Approach - Coal*
- *CO_2 emissions: Sectoral Approach – Oil*
- *CO_2 emissions: Sectoral Approach – Gas*
- *CO_2 emissions: Reference Approach*
- *Total primary energy supply (PJ)*
- *Total primary energy supply (Mtoe)*
- *GDP using exchange rates*
- *GDP using purchasing power parities*
- *Population*

4. Pengumpulan data : data dikumpulkan dari berbagai sumber yaitu dari BPS, BI, Bappe-nas,OECD, WIOD, IEA, CDIAC dan sumber lainnya
5. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data secara statistik diskriptif dan dengan dekomposisi menggunakan identitas Kaya seperti sebagai berikut :

Kaya identitas,perubahan relatif dalam waktu (Kaya, 1990; Yamaji, 1991)

Cy / Cx = Py / Px (G / P) y / (G / P) x (C / E) y / (C / E) x;

di mana x dan y mewakili misalnya dua tahun yang berbeda.
Dalam penelitian ini, dekomposisi Kaya disajikan sebagai:

Emisi CO2 dan key driver

CO2 = P (PDB / P) (TPEs / PDB) (CO2 / TPEs)

di mana:

Emisi C = CO2;
P = Populasi
PDB/P = Produk Domestik Bruto (PDB)/populasi *
TPEs/PDB = Jumlah konsumsi energi primer per PDB *
Emisi CO2/TPEs = CO2 per unit TPEs

* PDB pada tahun 2005 USD, berdasarkan paritas daya beli (purchasing power parity).

Catatan : Tahun dasar referensi untuk indeks adalah 1990 (= 100)

Identitas Kaya digunakan untuk membahas kekuatan pendorong utama (key driver) emisi CO2. Misalnya, hal itu menunjukkan bahwa, peningkatan populasi dan PDB per kapita telah mendorong tren emisi CO2, lebih dari mengimbangi penurunan intensitas energi. Bahkan, intensitas karbon dari bauran energi hampir tidak berubah, karena berlanjutnya dominasi bahan bakar fosil - terutama batubara - dalam bauran energi, dan lambatnya teknologi rendah karbon.

Setelah diketahui dekomposisi emisi selanjutnya menghitung :

1. Laju perubahan emisi dengan formula : jumlah perubahan (%) dibagi jumlah periode dasar (tahun)= y %/tahun
2. Emisi Baseline : y %/tahun x lamanya periode dasar x emisi pada tahun dasar
3. Banyaknya reduksi emisi = % reduksi x emisi baseline

Hasil dan Pembahasan

Penilaian Emisi Indonesia

Konsentrasi gas rumah kaca, termasuk CO2 dan metana (CH4), dan GRK lainnya di atmosfer telah terus meningkat sejak awal Revolusi Industri. Emisi CO2 dari pembakaran bahan bakar fosil telah menjadi kontributor utama meningkatnya tingkat gas rumah kaca dan konsentrasinya di atmosfer, perkembangan emisi CO2 Indonesia terlihat seperti pada Tabel 1. dan Gambar 4.

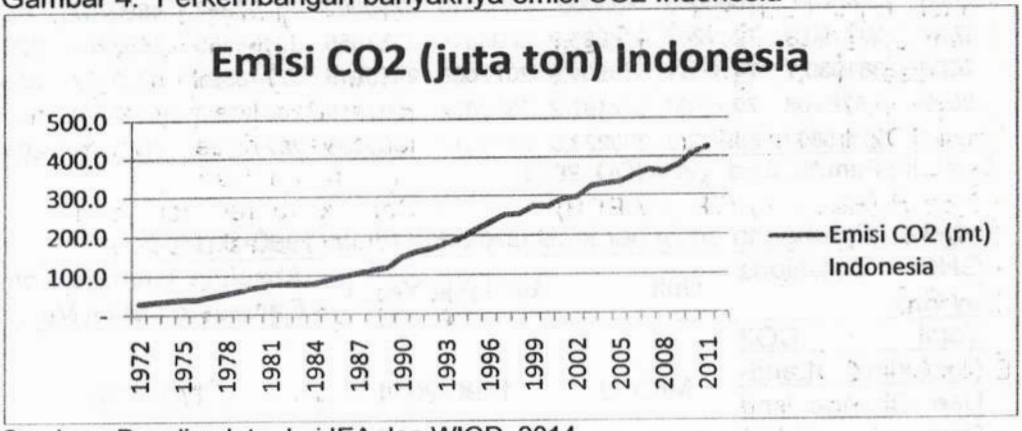
Besarnya total emisi CO2 naik dari 149,5 juta ton tahun 1990 menjadi 433,9 juta ton di tahun 2010 , emisi CO2 perkapita juga mengalami kenaikan dari 0,8 ton tahun 1990 menjadi 1,8 ton tahun 2010, seperti pada tabel 2.

Tabel 1. Perubahan emisi GRK Indonesia, dari tahun 1990-2011

GHG Emissions Totals	Unit	Available Years	Absolute Change from Earliest to Latest Value
Total GHG Emissions Excluding Land-Use Change and Forestry	MtCO2e	1990-2011	91.41%
Total GHG Emissions Including Land-Use Change and Forestry	MtCO2e	1990-2011	90.66%

Sumber : CDIAC

Gambar 4. Perkembangan banyaknya emisi CO2 Indonesia



Sumber : Penulis, data dari IEA dan WIOD, 2014.

Tabel 2. Perkembangan Emisi CO2 Indonesia, 1990 dan 2010

Carbon dioxide emissions							
Total		Carbon intensity		Per capita		kilograms per	
thousand metric tons		kilograms per kilograms of oil equivalent energy use		metric tons		2005 PPP $ of GDP	
1990	2010	1990	2010	1990	2010	1990	2010
149,566	433,989	1.5	2.1	0.8	1.8	0.4	0.5

Sumber : OECD, 2014.

Komposisi Emisi

Komposisi emisi GRK Indonesia didominasi oleh CO2 (90%), sisanya oleh CH4, N2O, Nox, Sox, CO, NMVOC, NH3 dan lain-lain, seperti pada Tabel 3 . Sedangkan perubahan emisi per jenis GRK seperti pada Tabel 4.

Tabel 3. Komposisi Besarnya emisi GRK Indonesia, menurut jenis emisi, tahun 1997-2009.

Tahun	CO2 (000 t)	CH4 (t)	N2O (t)	NOX (t)	SOX (t)	CO (t)	NMVOC (t)	NH3 (t)
1997	247205,6	6032807	353589,5	2232579	1422730	36640940	4524887	802732,9
1998	243574,3	5845559	329278,2	1909090	1376344	28997208	4011371	754678,9
1999	279587,7	5696501	297807	1773842	1481160	23952613	3728413	652326,1
2000	280710	5723706	300578,6	1845565	1701130	24052132	3754061	692043,6
2001	308265,3	5784381	282340,7	1784113	1831310	20082722	3521822	660319,5
2002	317853,4	6169187	313247,3	1972774	1913718	23951863	3719101	785037,6
2003	342345,2	6388900	311834,3	1992882	1857630	24366370	3756428	775761,2
2004	347876	6552001	323478,9	2142957	1988732	26914927	3918122	803087,9
2005	350116,2	7234601	396167,5	2775181	2187731	42763027	4812345	971621,1
2006	377754	7696059	406006	2856110	2295607	44282947	4896727	1000638
2007	387190,9	7289247	316886,9	2094614	2367855	23588558	3697781	822944,3
2008	361930,1	7410641	319504,9	2077000	2415945	22946325	3593557	836467,5
2009	3,93E+08	7936506	342187,2	2302374	2681819	25026240	4177270	895818,1
Rerata	30515893	6596930	330223,6	2135314	1963208	28274298	4008607	804113,6

Sumber : Penulis, data dari WIOD, 2013

Tabel 4. Perubahan emisi per jenis GRK dari tahun 1990-2011

GHG Emissions by Gas	Unit	Available Years	Absolute Change from Earliest to Latest Value
Total CO2 (excluding Land-Use Change and Forestry)	MtCO2	1990-2011	176.18%
Total CH4	MtCO2e	1990-2011	25.32%
Total N2O	MtCO2e	1990-2011	76.87%
Total F-Gas	MtCO2e	1990-2011	101.23%

Sumber : CDIAC

Emisi dari Bahan Bakar Fosil dalam Konteks Global. Dengan mempertimbangkan hanya pembakaran bahan bakar fosil, sejak tahun 2004, Indonesia adalah salah satu top 20 CO2 emitter, seperti pada Tabel 5, banyak negara dalam kisaran ini hanya memiliki tingkat yang sedikit lebih tinggi atau lebih rendah emisi dari Indonesia, membuat posisi Indonesia (rank) sensitif terhadap perubahan kecil. Namun, jika emisi CO2 akibat deforestasi dan

perubahan penggunaan lahan dimasukkan, Indonesia kemudian naik ke antara emitter atas. Hal ini penting untuk dicatat bahwa ada pertanyaan tentang keandalan data emisi dari deforestasi dan perubahan penggunaan lahan karena metode yang berbeda dari perkiraan yang lebih baru dari deforestasi yang disediakan oleh Pemerintah menunjukkan penurunan substansial dalam deforestasi.

Tabel 5.Emitter CO2, 20 top dunia, 2010

RANK	NATION	CO2_TOT (ribu ton)
1	CHINA (MAINLAND) 2259856	
2	UNITED STATES OF AMERICA	1481608
3	INDIA	547811
4	RUSSIAN FEDERATION	474714
5	JAPAN	319257
6	GERMANY	203268
7	ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN	155880
8	REPUBLIC OF KOREA	154777
9	CANADA	136116
10	UNITED KINGDOM	134580
11	SAUDI ARABIA	126665
12	SOUTH AFRICA	125477
13	MEXICO	120991
14	**INDONESIA**	**118350**
15	BRAZIL	114468
16	ITALY (INCLUDING SAN MARINO)	110801
17	AUSTRALIA	101740
18	FRANCE (INCLUDING MONACO)	98520
19	POLAND	86516
20	UKRAINE	83121
214	LESOTHO	5
215	SAINT HELENA	3
216	NIUE	2

Sumber: Tom Boden and Bob Andres, Carbon Dioxide Information Analysis Center Oak Ridge National Laboratory&Gregg Marlan, Research Institute for Environment, Energy and Economic Appalachian State University.

Tabel 6. Emisi CO2 dari bahan bakar fosil per kapita, 2010.

RANK	NATION	CO2_CAP (t)

Di masa depan harus ada kecenderungan laju deforestasi akan lebih lambat karenamenurunnya lahan hutan yang tersedia. Sementara itu, penggunaan energi danemisi bahan bakar fosil akan terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan PDB kecualitindakan mitigasi diambil. Dalam jangka panjang, emisi CO2dari pembakaran bahan bakar fosil kemungkinan besar akan jauh lebihpenting dari itu disebabkan oleh deforestasi dan perubahan penggunaan lahan.

Emisi GRK bahan bakar fosil di Indonesiaper kapita masih rendah dibandingkan dengan negara-negara lain.Namun, seperti dapat dilihat dalam Tabel 6, Indonesia menempati urutan ke 132 dari 216 negara.

1	QATAR	10.94
2	TRINIDAD AND TOBAGO	10.30
3	KUWAIT	9.34
4	NETHERLAND ANTILLES	6.42
5	BRUNEI (DARUSSALAM)	6.26
6	UNITED ARAB EMIRATES	6.08
7	ARUBA	5.89
8	LUXEMBOURG	5.82
9	OMAN	5.61
10	BAHRAIN	5.23
11	FALKLAND ISLANDS (MALVINAS)	5.22
12	UNITED STATES OF AMERICA	4.71
13	SAUDI ARABIA	4.61
14	AUSTRALIA	4.57
132	**INDONESIA**	**0.49**
133	GABON	0.47
214	MALI	0.01
215	BURUNDI	0.01
216	LESOTHO	0.00

Sumber: Tom Boden and Bob Andres, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory &Gregg Marland, Research Institute for Environment, Energy and Economics Appalachian State University

Dari tahun 1980 hingga 2004, tingkat pertumbuhan tahunan konsumsi energi per orang telah meningkat sedikit dibandingkan dengan PDB per orang. Dibandingkan 1980 hingga 2004, tingkat pertumbuhan PDB/orang telah naik sebesar 2,3 kali dan energi/orang sebesar 2,1 kali. Sementara itu, pertumbuhan emisi CO2 bervariasi dengan perubahan struktur energi dan teknologi. Di Indonesia,tingkat pertumbuhan tahunan emisi CO2 per kapita telah meningkat lebih cepat dibandingkan dengan penggunaan energi per kapita; mengindikasikan intensitas energi karbon telah meningkat juga. Dibandingkan 1980 hingga 2004,tingkat pertumbuhan penggunaan energi/ orang telah meningkat 2,1 kali dan CO2 / orang sebesar 3,3 kali.

Intensitas Emisi

Intensitas adalah ukuran tingkat emisi per unit kegiatan ekonomi (yang diukur dengan PDB).Di Indonesia emisi dari pembakaran bahan bakar fosil tumbuh lebih cepat daripada GDP selama dekade 1990-2011, sehingga intensitas emisi meningkat. Tapi intensitas emisi Indonesia juga meningkat tajam dari 1990-2011 sebesar 1, 7 persen per tahun, seperti pada tabel 7.

Tabel 7. Intensitas emisi Indonesia, dari 1990, 2001 dan 2011

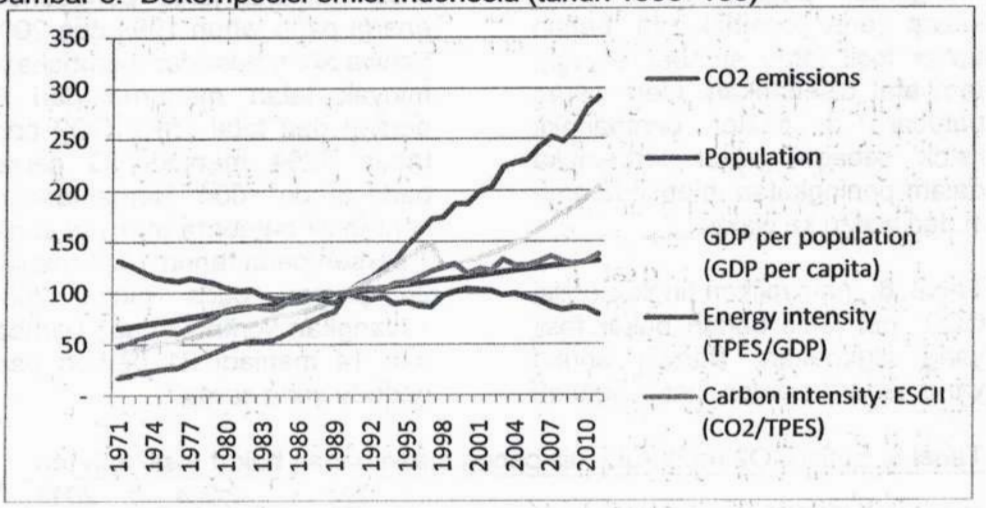
	1990	1991	2001	2011
Change in CO_2 emissions	100	109	199	292
Change in Population	100	102	117	131
GDP per population (GDP per capita)	100	107	134	204
Energy intensity (TPES/GDP)	100	96	103	79
Carbon intensity: ESCII (CO_2/TPES)	100	104	124	138

Sumber : Penulis, data dari IEA, 2014.

Dekomposisi emisi

Gambar 5. berikut memperlihatkan perubahan tahunan rata-rata populasi, PDB per kapita, intensitas energi, dan intensitas karbon Indonesia. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa dalam jangka panjang untuk emisi CO2 di Indonesia adalah meningkatnya intensitas karbon. Pertumbuhan tahunan rata-rata intensitas karbon di Indonesia relatif tinggi, dan intensitas energi tahunan di Indonesia adalah dalam arah yang benar, walaupun kurang progresif.

Gambar 5. Dekomposisi emisi Indonesia (tahun 1990=100)



Sumber : Penulis

Indonesia banyak diberkahi dengan sumber daya energi, meskipun produksi minyak mungkin telah mencapai puncaknya dan sekarang menurun. Minyak mendominasi bauran energi sebesar 52 % dan gas 29 %. Intensitas energi yang tinggi, tapi tidak keluar dari proporsi yang diberikan terhadap tahap pembangunan ekonomi Indonesia, konsumsi energi tumbuh sekitar 7 % per tahun. Dampak lingkungan dari sektor energi secara proporsional yang negatif

adalah: kualitas udara, merusak dan degradasi lahan dari pertambangan batubara, hilangnya keanekaragaman hayati dan tutupan lahan hutan, dan perubahan iklim. Industri energi memanfaatkan besar dari garis pantai dan perairan pesisir untuk terminal, pengiriman/ekspor. Meskipun tidak berusaha mengecilkan dampak lingkungan dari penggunaan energi dan industri energi, hal ini berguna untuk menghitung dalam konteks Indonesia; berdasarkan data tahun 1971-2011, bahwa kontribusi sektor energi sekitar 25 % dari total emisi gas rumah kaca di Indonesia (Lampiran 6)

Untuk memahami mengapa intensitas karbon di Indonesia telah meningkat signifikan, kita perlu mengamati tingkat emisi untuk setiap jenis pembakaran bahan bakar fosil (atau sumber energi), ternyata disebabkan oleh peran batubara di sektor pembangkit listrik sebagai faktor terkemuka dalam peningkatan intensitas emisi dari waktu ke waktu .

Tabel 8. menyajikan tingkat emisi CO2 per jenis bahan bakar fosil yang digunakan. Bahwa angka yang tertera adalah untuk jumlah emisi, bukan jumlah energi yang dikonsumsi. Batubara merupakan sebagian besar penyebab emisi bahan bakar fosil, diikuti oleh minyak, kemudian gas. Batu bara mengeluarkan sekitar dua kali jumlah CO2 per unit energi dari gas, tergantung pada kualitas teknologi bahan bakar dan pembakaran. Dari gambar ini, dapat terlihat bahwa emisi untuk setiap jenis pembakaran bahan bakar fosil memiliki peningkatan dari waktu ke waktu. Namun, emisi dari gas dan pembakaran batu bara tumbuh lebih cepat daripada yang dari pembakaran minyak. Karena sejak tahun 1994, emisi dari pembakaran batu bara tumbuh paling cepat .

Membandingkan pangsa emisi CO2 menurut jenis penggunaan energi pada tahun 1994 dan 2004, bahwa kontribusi dari pembakaran minyak telah menurun dari 85 persen dari total emisi CO2 pada tahun 1994 menjadi 53 persen pada tahun 2004. Sementara itu, kontribusi batubara meningkat dari 1 persen pada tahun 1994 menjadi 26 persen pada tahun 2004, sedangkan kontribusi gas berubah dari 14 menjadi 21 persen pada periode yang sama.

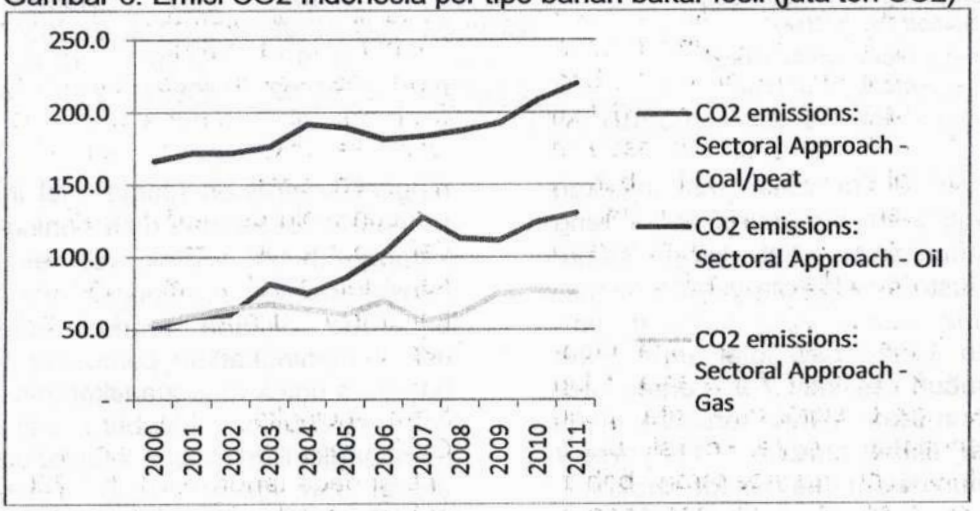
Tabel 8. Emisi CO2 menurut jenis penggunaan bahan bakar fosil, juta ton

	1994	2004	2011
CO2 emissions: Sectoral Approach (mt)	192,2	330,9	425,9
CO_2 emissions: Sectoral Approach - Coal/peat)(mt)	23,0	75,1	130,4
CO_2 emissions: Sectoral Approach – Oil (mt)	120,5	191,7	219,8
CO_2 emissions: Sectoral Approach – Gas (mt)	48,7	64,1	75,7
CO_2 emissions: Reference Approach (mt)	188,3	333,3	408,9

Sumber : Penulis, data dari IEA, 2014

Kecenderungan dalam sistem energi di Indonesia menunjukkan bahwa meskipun minyak masih menjadi kontributor utama emisi CO2, pangsa minyak menurun sebagai cadangan dalam negeri. Sementara itu, pangsa batu bara meningkat dan menggantikan peran minyak di sektor energi, sedangkan pangsa gas tetap konstan karena ada ekspor gas, sepertti pada gambar 6.

Gambar 6. Emisi CO2 Indonesia per tipe bahan bakar fosil (juta ton CO2)



Sumber : Penulis, data dari IEA 2014.

Emisi per sektor kegiatan ekonomi.

Melihat emisi CO2 per sektor, Tabel 9. menunjukkan bahwa kegiatan industri telah menjadi sumber utama emisi CO2. Salah satu alasan adalah bahwa sejumlah sektormemiliki emisi CO2 yang signifikan,dari sektor transportasi meningkat secara tetap namun lebih rendah dibandingkan sektor industri. Sangat menarik bahwa emisi dari sektor listrik meningkat paling cepat, sejak pertengahan 1990-an. Emisi CO2 dari sektor rumah tangga tumbuh paling lambat, mungkin refleksi dari meningkatnya tingkat dari elektrifikasi rumah tangga. Sektor rumah tangga bukan masalah utama dalam sektornya sendiri, tetapi harus dipertimbangkan bagaimana kaitannya dengan keseluruhan pertumbuhan permintaan listrik, dan bagaimana listrik yang dipasok (misalnya, pembakaran batu bara untuk pembangkit listrik), usaha untuk meningkatkan efisiensi, dan mengelola permintaan listrik pada rumah tangga.

Tabel 9. Emisi CO2 Indonesia per sektor

Sector :	1980	1990	2000	2010
Residential and commercial (million tons)	16,14	19,31	32,64	20,65
Residential and commercial (% of total)	23,43206	13,2215	11,96306	5,035112
Electricity , total (million tons)	11,91	47,53	88,59	150,16
Electricity , total (% of total)	17,29094	32,54365	32,46958	36,61367
Industries and construction (million tons)	21,44	43,54	76,22	123,41
Industries and construction (% of total)	31,1266	29,81171	27,93579	30,09119
Transport (million metric tons)	17,67	31,87	65	105,68
Transport (% of total)	25,65331	21,82129	23,82349	25,76807
Other sectors, (million tons)	1,72	3,79	10,39	10,22
Other sectors, (% of total)	2,497096	2,595002	3,808093	2,491954

Sumber : Penulis, data dari OECD, 2014

Tabel 9. di atas, menunjukkan pangsa emisi menurut sektor yang menunjukkan hal yang sama: industri merupakan yang terbesar, listrik adalah yang tercepat tumbuh. Sementara total emisi telah tumbuh sekitar 7,9 persen per tahun (dua dekade terakhir), emisi dari listrik tumbuh 11 persen/ tahun dalam dua dekade terakhir

Berfokus pada pangsa emisi dalam sektor listrik, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan batu bara pada pembangkit listrik tumbuh jauh lebih cepat dibandingkan sumber energi lainnya. Oleh karena itu, pada tahun 2004, proporsi penggunaan batu bara untuk listrik jauh lebih tinggi dari sektor lain. Ini adalah alasan utama bahwa proporsi CO2 dari sektor listrik tumbuh lebih cepat dibandingkan proporsi CO2 (batubara, minyak dan gas) dan untuk kategori konsumen (Industri, Listrik, Transportasi, dan Residential). industri adalah saat ini sumber terbesar dari emisi, tetapi analisis lebih lanjut diperlukan untuk menentukan subsektor yang paling bertanggung jawab atau paling cepat perkembangannya dari waktu ke waktu. Listrik adalah tercepat meningkat komponen utama. Hal ini terutama disebabkan oleh peningkatan permintaan listrik, oleh ekspansi kapasitas pembangkit dalam beberapa dekade terakhir dan usaha meningkatkan pembakaran batubara untuk menggantikan minyak pembakaran batubara pada pembangkit listrik untuk keamanan energi dan alasan harga. Telah ada peningkatan hampir 5 kali lipat dalam penggunaan batubara sejak tahun 1994.

Transportasi merupakan pengguna terbesar bahan bakar minyak, karena pertumbuhan kendaraan dan harga rendah dari produk bahan bakar cair untuk transportasi. Harga bahan bakar rendah (karena subsidi) dan perbaikan efisiensi kendaraan yang mungkin terjadi dari waktu ke waktu. Sektor perumahan bukan pengguna utama batu bara atau gas. Emisi datang terutama dari pembakaran minyak tanah oleh rumah tangga.

Dalam sektor transportasi, transportasi jalan adalah pengguna terbesar bahan bakar minyak. Emisi secara kasar dibagi antara penggunaan bensin, gas dan diesel. dalam sektor residensial,

emisi hampir seluruhnya dari penggunaan minyak tanah (terutama untuk memasak), dengan emisi nihil dari penggunaan LPG. Layanan komersial dan publik menghasilkan emisi terutama dari penggunaan gas alam. Pertanian dan perikanan memiliki emisi yang relatif kecil dari sektor industri, dan pertambangan, seperti pada Tabel 10 dan Tabel 11 berikut.

Tabel 10. Perubahan Emisi GRK Indonesia per sektor

GHG Emissions by Sector :	*Unit*	*Available Years*	*Absolute Change from Earliest to Latest Value*
Energy	*MtCO2e*	*1990-2011*	*140.46%*
Industrial Processes	*MtCO2e*	*1990-2011*	*74.48%*
Agriculture	*MtCO2e*	*1990-2011*	*46.06%*
Waste	*MtCO2e*	*1990-2011*	*36.43%*
Land-Use Change and Forestry	*MtCO2*	*1990-2011*	*90.14%*
Bunker Fuels	*MtCO2*	*1990-2011*	*4.17%*
GHG Emissions - Energy Sub-Sector :			
Electricity/Heat	*MtCO2*	*1990-2011*	*247.42%*
Manufacturing/Construction	*MtCO2*	*1990-2011*	*171.29%*
Transportation	*MtCO2*	*1990-2011*	*260.06%*
Other Fuel Combustion	*MtCO2e*	*1990-2011*	*47.56%*
Fugitive Emissions	*MtCO2e*	*1990-2011*	*4.59%*

Sumber :CDIAC

Tabel 11. Besarnya Emisi per sektor ekonomi (%), rata-rata periode 1995-2009

No.	Sector	Share (%)
1	*Agriculture, Hunting, Forestry and Fishing*	4,890846
2	*Mining and Quarrying*	8,901712
3	*Food, Beverages and Tobacco*	1,94185
4	*Textiles and Textile Products*	3,62249
5	*Leather, Leather and Footwear*	0,178088
6	*Wood and Products of Wood and Cork*	0,613607
7	*Pulp, Paper, Paper , Printing and Publishing*	1,217019
8	*Coke, Refined Petroleum and Nuclear Fuel*	3,105782
9	*Chemicals and Chemical Products*	2,628913
10	*Rubber and Plastics*	0,414898
11	*Other Non-Metallic Mineral*	8,744488
12	*Basic Metals and Fabricated Metal*	4,699647
13	*Machinery, Nec*	0,141596
14	*Electrical and Optical Equipment*	0,716525
15	*Transport Equipment*	0,556733
16	*Manufacturing, Nec; Recycling*	0,279989
17	*Electricity, Gas and Water Supply*	25,74423
18	*Construction*	3,048665
19	*Sale, Maintenance and Repair of Motor Vehicles and Motorcycles; Retail Sale of Fuel*	0,00214
20	*Wholesale Trade and Commission Trade, Except of Motor Vehicles and Motorcycles*	1,066511

No.	Sector	Share (%)
21	*Retail Trade, Except of Motor Vehicles and Motorcycles; Repair of Household Goods*	0,675031
22	*Hotels and Restaurants*	0,407432
23	*Inland Transport*	3,524759
24	*Water Transport*	2,057593
25	*Air Transport*	0,876234
26	*Other Supporting and Auxiliary Transport Activities; Activities of Travel Agencies*	0,501486
27	*Post and Telecommunications*	0,27858
28	*Financial Intermediation*	0,076377
29	*Real Estate Activities*	0,108702
30	*Renting of M&Eq and Other Business Activities*	0,150329
31	*Public Admin and Defence; Compulsory Social Security*	0,456735
32	*Education*	0,335406
33	*Health and Social Work*	0,083896
34	*Other Community, Social and Personal Services*	0,368275
35	*Private Households with Employed Persons*	0
36	*Extra-territorial organizations and bodies*	0
	Total intermediate consumption	82,41656
	Final consumption expenditure by households	17,58345
	Grand Total	100

Sumber : Penulis, data dari WIOD, 2014.

Skenario Reduksi Emisi GRK

Skenario reduksi GRK dengan menyesuaikan komitmen pemerintah untuk mengurangi Gas Rumah Kaca di Indonesia (GRK) di tahun 2020 sebesar 26%, dibandingkan dengan baseline bisnis seperti biasa (BAU) menggunakan sumber daya domestik dan hingga 41% dengan dukungan internasional

Reduksi GRK mengidentifikasi 34 sektor besar: seperti pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan; energi dan transportasi; ; industri; dan rumah tangga. Reduksi GRK menggunakan perkiraan emisi BAU terkandung dalam peneltian ini. Ini emisi menunjukkan BAU dari 799 juta tCO2e pada tahun 2020, yang menyiratkan tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 9,5 % dari tingkat 410 juta tCO2e pada tahun 2010. Untuk sebagian besar sektor, pertumbuhan emisi sesuai pertumbuhan ekonomi, dan pertumbuhan penduduk.

Reduksi 26% (tanpa bantuan internasional) emisi GRK membutuhkan reduksi emisi sebanyak 208 juta tCO2e dan reduksi 41 % (dengan bantuan internasional) membutuhkan 328 juta t CO2e pada tahun 2020, seperti pada tabel 12. dibawah ini.

Tabel 12. Skenario reduksi emisi GRK per sektor ekonomi untuk tahun 2020

No.	Sektor	Baseline (juta t CO2e)	26 % reduksi (juta t CO2e)	41 % reduksi (juta t CO2e)
1	*Agriculture, Hunting, Forestry and Fishing*	39,07786	10,16024	16,02192
2	*Mining and Quarrying*	71,12468	18,49242	29,16112
3	*Food, Beverages and Tobacco*	15,51538	4,033999	6,361306
4	*Textiles and Textile Products*	28,9437	7,52536	11,86691
5	*Leather, Leather and Footwear*	1,422923	0,369961	0,5834
6	*Wood and Products of Wood and Cork*	4,90272	1,274707	2,010115
7	*Pulp, Paper, , Printing and Publishing*	9,723982	2,528235	3,986833
8	*Coke, Refined Petroleum and Nuclear Fuel*	24,8152	6,451952	10,17423
9	*Chemicals and Chemical Products*	21,00501	5,461304	8,612057
10	*Rubber and Plastics*	3,315035	0,861908	1,359163
11	*Other Non-Metallic Mineral*	69,86846	18,1658	28,64607
12	*Basic Metals and Fabricated Metal*	37,55018	9,763046	15,39557
13	*Machinery, Nec*	1,131352	0,294152	0,463855
14	*Electrical and Optical Equipment*	5,725035	1,48851	2,347265
15	*Transport Equipment*	4,448297	1,156558	1,823802
16	*Manufacturing, Nec; Recycling*	2,237112	0,58165	0,917217
17	*Electricity, Gas and Water Supply*	205,6964	53,48106	84,33552
18	*Construction*	24,35883	6,333297	9,987122
19	*Sale, Maintenance and Repair of Motor Vehicles and Motorcycles; Retail Sale of Fuel*	0,017099	0,004445	0,00701
20	*Wholesale Trade and Commission Trade, Except of Motor Vehicles and Motorcycles*	8,521423	2,215569	3,493782
21	*Retail Trade, Except of Motor Vehicles and Motorcycles; Repair of Household Goods*	5,393498	1,402309	2,211333
22	*Hotels and Restaurants*	3,255382	0,846398	1,334705
23	*Inland Transport*	28,16282	7,322334	11,54676
24	*Water Transport*	16,44017	4,274444	6,74047
25	*Air Transport*	7,00111	1,820288	2,870454
26	*Other Supporting and Auxiliary Transport Activities; Activities of Travel Agencies*	4,006873	1,041788	1,642819
27	*Post and Telecommunications*	2,225854	0,578722	0,9126
28	*Financial Intermediation*	0,610252	0,158666	0,250204
29	*Real Estate Activities*	0,868529	0,225818	0,356097
30	*Renting of M&Eq and Other Business Activities*	1,201129	0,312293	0,492462
31	*Public Admin and Defence; Compulsory Social Security*	3,649313	0,948821	1,496218
32	*Education*	2,679894	0,696772	1,098755

No.	Sektor	Baseline (juta t CO2e)	26 % reduksi (juta t CO2e)	41 % reduksi (juta t CO2e)
33	*Health and Social Work*	0,670329	0,174285	0,274834
34	*Other Community, Social and Personal Services*	2,942517	0,765055	1,206432
35	*Private Households with Employed Persons*	0	0	0
36	*Extra-territorial organizations and bodies*	0	0	0
	Total intermediate consumption	658,5083	171,2122	269,9884
	Final consumption expenditure by households	140,4918	36,52785	57,60161
	Grand Total	799	207,74	327,59

Sumber : Penulis

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Intensitas adalah ukuran tingkat emisi per unit kegiatan ekonomi (yang diukur dengan PDB). Dengan membandingkan perubahan intensitas emisi dalam bahan bakar fosil, dan PDB. Emisi Indonesia dari pembakaran bahan bakar fosil tumbuh lebih cepat daripada PDB selama dekade 1970-2010, sehingga intensitas emisi meningkat. Tapi intensitas emisi Indonesia juga meningkat tajam dari 1970-2010 - 2 persen per tahun.

Perubahan emisi CO2 dari tahun 1990 (149 juta ton) ke 2010 (433 juta ton) sebesar 190,2 % dengan emisi CO2 per kapita tahun 1990 (0,8 ton) ke 2010 (1,8 ton).

Dalam jangka panjang untuk emisi CO2 di Indonesia adalah meningkatnya intensitas karbon. Pertumbuhan tahunan rata-rata intensitas karbon di Indonesia relatif tinggi, intensitas energi tahunan di Indonesia adalah dalam arah yang benar, walaupun kurang progresif. Intensitas karbon Indonesia (kilogram per kg penggunaan minyak eq. energi) 1.5 kg tahun 1990 menjadi 2,1 kg tahun 2010.

Untuk memahami mengapa intensitas karbon di Indonesia telah meningkat signifikan, kita perlu mengamati tingkat emisi untuk setiap jenis pembakaran bahan bakar fosil (atau sumber energi). Peran batubara di sektor pembangkit listrik sebagai faktor terkemuka dalam peningkatan intensitas emisi dari waktu ke waktu .

Batubara merupakan sebagian besar penyebab emisi bahan bakar fosil, diikuti oleh minyak, kemudian gas. Batu bara mengeluarkan sekitar dua kali jumlah CO2 per unit energi dari gas, tergantung pada kualitas teknologi bahan bakar dan pembakaran. Bahwa emisi untuk setiap jenis pembakaran bahan bakar fosil memiliki peningkatan dari waktu ke waktu. Namun, emisi dari gas dan pembakaran batu bara tumbuh

lebih cepat daripada yang dari pembakaran minyak, karena emisi dari pembakaran batu bara tumbuh paling cepat .

Membandingkan pangsa emisi CO2 menurut jenis penggunaan energi, bahwa kontribusi dari pembakaran minyak telah menurun dari 85 persen dari total emisi CO2 pada tahun 1994 menjadi 53 persen pada tahun 2004. Sementara itu, kontribusi batubara meningkat dari 1 persen pada tahun 1984 menjadi 26 persen pada tahun 2004, sedangkan kontribusi gas berubah dari 14 menjadi 21 persen pada periode yang sama.

Kecenderungan dalam sistem energi di Indonesia menunjukkan bahwa meskipun minyak masih menjadi kontributor utama emisi CO2, pangsa minyak menurun yang bisa sebagai cadangan dalam negeri dan akibat kenaikan harga minyak. Sementara itu, pangsa batu bara meningkat dan menggantikan peran minyak di sektor energi, sedangkan pangsa gas tetap konstan karena ada ekspor gas yang signifikan.

Melihat emisi CO2 per sektor, bahwa kegiatan industri telah menjadi sumber utama emisi CO2. Salah satu alasan adalah bahwa sejumlah signifikan dari perusahaan memiliki emisi CO2 dari sektor transportasi meningkat secara tetap namun lebih rendah dibandingkan sektor industri. Sangat menarik bahwa emisi dari sektor listrik meningkat paling cepat sejak pertengahan 1990-an. Emisi CO2 dari sektor perumahan tumbuh paling lambat, mungkin cerminan meningkatnya dari elektrifikasi rumah tangga.

Pangsa emisi menurut sektor yang menunjukkan hal yang sama: industri merupakan yang terbesar, listrik adalah yang tercepat tumbuh. Sementara total emisi telah tumbuh sekitar 9,6 persen per tahun, emisi dari listrik tumbuh sekitar 11 persen/tahun dalam dua dekade terakhir.

Dalam sektor transportasi, transportasi jalan adalah pengguna terbesar bahan bakar minyak. Emisi secara kasar dibagi antara penggunaan bensin gas, dan diesel. Dalam sektor rumah tangga, emisi hampir seluruhnya dari penggunaan minyak tanah (terutama untuk memasak), dengan emisi minor dari penggunaan LPG. Layanan komersial dan publik menghasilkan emisi terutama dari penggunaan gas alam. Pertanian memiliki emisi yang relatif kecil dari penggunaan bahan bakar fosil.

Komposisi emisi di Indonesia di dominasi oleh CO2 sebanyak 90 %,sisanya oleh GRK lainnya (CH4, N2O, NO x, SO x,CO, NMVOC, NH3 dll).

Baseline emisi yang dihitung melalui metode dekomposisi yang mempertimbangkan variabel perkembangan jumlah penduduk dan perkembangan Produk Domestik Bruto dan laju pertumbuhan emisi maka diketahui laju perubahan emisi sebesar 9,5 % per tahun.

Teridentifikasi 34 sektor ekonomi yang berpotensi untuk pengu-

rangan emisi seperti listrik, pertambangan, pertanian, kehutanan, industri, transportasi dan lain-lain.

Populasi dan pertumbuhan ekonomi akan meningkatkan emisi CO2. Tanpa intervensi untuk mengurangi emisi ini, sektor sektor ekonomi Indonesia akan memancarkan sekitar 799 juta ton CO2 pada tahun 2020.

Skenario reduksi emisi GRK Indonesia tahun 2020, dengan pengurangan sebesar 26 % (208 juta tCO2e) maka emisi menjadi 591 juta tCO2e; dan pengurangan 41 % (328 juta tCO2e) maka emisi akan menjadi 471 juta tCO2e.

Saran-saran

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan terutama untuk menyusun strategi reduksi emisi GRK melalui program mitigasi dan adaptasi.
Beberapa kebijakan yang dapat dilakukan pemerintah antara lain :

- Kebijakan umum ekonomi dan fiskal, seperti pajak karbon, penghapusan subsidi bahan bakar fosil, Kebijakan perdagangan emisi;
- Target ekonomi dan fiskal, seperti subsidi untuk investasi hemat energi, feed-in tariff untuk teknologi energi terbarukan, atau insentif keuangan,
- Standar, seperti konsumsi energi kendaraan, sertifikasi, standar alat dan pelabelan untuk efisiensi energi,
- Informasi, transfer pengetahuan dan pendidikan seperti kampanye kesadaran masyarakat, analisis energi (audit), kegiatan demonstrasi dan pelatihan, dan
- Penelitian dan pengembangan teknologi baru rendah karbon yang lebih tepat untuk menghadapi isu perubahan iklim dan kebutuhan yang akan dinilai di tingkat nasional untuk mengevaluasi penerapannya sebelum tahap pelaksanaannya.

Daftar Pustaka

Andres R.J., et al. (2012). A synthesis of carbon dioxide emissions from fossil-fuel combustion, *Biogeosciences* 9 1845–1871 pp. (DOI: 10.5194/bg-9-1845-2012).

ADB (2008). Strengthening Adaptation and Mitigation in Asia and the Pacific.

ADB (2009). *Improving Energy Security and Reducing Carbon Intensity in Asia and the Pacific*. Asian Development Bank, Manila, Philippines, (ISBN: 978-971-561-843-4).

ADB (2009). *Improving Energy Security and Reducing Carbon Intensity in Asia and the Pacific*. Asian Development Bank, Manila, Philippines, (ISBN: 978-971-561-843-4).

ADB (2010). *Asian Development Outlook 2010 Update: The Future of Growth in Asia*. Asian Development Bank, Mandaluyong City, Philippines,(ISBN:978-92-9092-156-1). .

ADB, UNEP, and UNESCAP (2012). *Green Growth, Resources and Resilience: Environmental Sustainability in Asia and the Pacific*. United Nations and Asian Development Bank, Bangkok, Thailand,(ISBN:978-92-1-12 0635-7)

BAPPENAS, 2004. "Rencana Pembangunan Jangka Menengah 2004-2009".www. bappenas.go.id.

BAPPENAS, 2004. Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup Indonesia: Antara Krisis dan Peluang.

BAPPENAS, 2007. Indonesia Country Natural Resource Environmental Analysis. Summary in English. December 2007.

BAPPENAS, 2007. "Motor, Penyebab Polusi Udara?" (February 2007), www. udarakota. bappenas.go.id.

BAPPENAS, 2008. National Development Planning: Indonesia Responses to Climate Change. Jakarta.

BAPPENAS-ADB, 1999. Causes, Extent, Impact and Cost of 1997-1998 Fires and Drought. Planning for Fire Prevention and Drought Management Project. ADB TA 2999-INO. Jakarta.

BPS (2010). *Percentage Distribution of Gross Domestic Product at Current.*

Cline W.R. (1992). *The Economics of Global Warming*. Institute for International Economics,(ISBN:9780881321326) .

Cline W.R. (2011). *Carbon Abatement Costs and Climate Change Finance*. Peterson Institute for International Economics, Washington, DC, (ISBN: 978-0-88132-607-9). .

Cline, W., 2007. Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country. Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics. Washington, D.C.

Government of Indonesia (2007). *Energy Law No. 30, 2007*. Jakarta, Indonesia.

Government of Indonesia (2007): National Action on Climate Change (RAN-PI)

Government of Indonesia (2010). *Indonesia TechnologyNeeds Assessment*, Indonesia.

Government of Indonesia (2010). *Indonesia's Climate Change Sectoral Roadmap (ICCSR).*

Government of Indonesia (2010). *Indonesian Second National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).*

Houghton R., et al (2012). Carbon emissions from land use and land-cover change, *Biogeosciences* 9 5125–5142 pp. (DOI:10.5194/bg-9-5125-2012).

ICG (2001), Indonesia: Natural Resources and Law Enforcement. Jakarta /Brussels.

IEA (2010a). *World Energy Outlook 2010*. IEA/OECD, Paris, France, (ISBN: 978-92-64-08624-1).

IEA (2010b). *Energy Technology Perspectives 2010 - Scenarios & Strategies to 2050*. IEA/OECD, Paris, France, (ISBN: 978-92-64-08597-8).

IEA (2010c). *Transforming Global Markets for Clean Energy Products: Energy Efficient Equipment, Vehicles and Solar Photovoltaics*. IEA/OECD, Paris, France. . Available at: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/global_market_transformation.pdf.

IEA (2011a). *World Energy Outlook 2011*. IEA/OECD, Paris, France, (ISBN: 978-92-64-12413-4).

IEA (2011b). *Climate & Electricity Annual 2011 – Data and Analyses*. IEA/OECD, Paris, France, (ISBN: 978-92-64-11154-7).

IEA (2012a). *World Energy Outlook 2012*. IEA/OECD, Paris, France, (ISBN: 9789 264181342).

IEA (2012b). *CO2 Emissions from Fuel Combustion, 2012 Edition*. OECD/IEA, Paris, France. 136 pp. Available at: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2emissionfromfuelcombustionHIG HLIGHTS.pdf.

IEA (2012c). World Energy Statistics and Balances (October 2012 edition), *IEA World Energy Statistics and Balances (database)* (DOI: 10.1787/enestats-data-en), (ISSN: 1683-4240).

IEA (2012d). *Energy Technology Perspectives 2012: Pathways to a Clean Energy System*. IEA/OECD, Paris, France, (ISBN: 978-92-64-17488-7).

IEA (2013). *Redrawing the Energy-Climate Map: World Energy Outlook Special Report*. OECD/IEA, Paris, 132 pp.

IEA, OPEC, OECD, and The World Bank (2011). *Joint Report by IEA, OPEC, OECD and World Bank on Fossil-Fuel and Other Energy Subsidies: An Update of the G20 Pittsburgh and Toronto Commitments*. . Available at: http://www.oecd.org/env/49090716.pdf.

IEA. (2008). *Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency - Key Insights*

IIED, 2007. Climate change: study maps those at greatest risk from cyclones and rising seas. [Online] March 27, 2007. http:// www.iied.org/ mediaroom/releases/070328 coastal.html.

IIEE (2007), Energy Security and Sustainable Development, The Indonesia Energy Economics Review Volume 2-2007, Periodical published by IIEE, Jakarta.

IIEE (January 2008), "Preliminary Review on legal and implications. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor.

IPCC (2007a). *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change - Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)]*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY USA, (ISBN: 978 0521 70598 1).

IPCC (2007b). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van Der Linden and C.E. Hanson (eds)]*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY USA, 976 pp., (ISBN: 978 0521 70597 4).

IPCC (2007c). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds)]*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY USA, (ISBN: 978 0521 70596 7).

IPCC (2009). In: Plattner G-K, Stocker T, Midgley P, Tignor M, eds. Meeting Report of the Expert Meeting on the Science of Alternative Metrics (G.-K. Plattner, T. Stocker, P. Midgley, and M. Tignor, Eds.). , 75. IPCC Working Group I Technical Support Unit, University of Bern, Bern, Switzerland, (ISBN: 978 92 9169 126 5).

IPCC (2011). *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation - Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T.*

Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 1075 pp., (ISBN: 978-1-107-02340-6).

IPCC (2012). In: Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Field C, Barros V, Stocker TF, Dahe Q, Minx J, Mach K, Plattner G-K, Schlömer S, Hansen G, Mastrandrea M, eds. Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Geoengineering (O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, C. Field, V. Barros, T.F. Stocker, Q. Dahe, J. Minx, K. Mach, G.-K. Plattner, S. Schlömer, G. Hansen, and M. Mastrandrea, Eds.). , 99. IPCC Working Group III Technical Support Unit, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany, (ISBN: 978-92-9169-136-4).

IPCC (2013a). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis-Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [T.F. Stocker,D.Qin,G.-K.Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. 40 Xia, V. Bex, P.M. Midgley, (eds.)]*.

IPCC (2013b). Summary for Policy Makers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis -Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [T.F. Stocker,D.Qin G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. 40 Xia, V. Bex, P.M. Midgley, (eds.)]*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY USA.

IPCC (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability - Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY USA.

IPIECA (2007). *Climate Change: A Glossary of Terms*; 4th Edition.

JRC/PBL (2011). Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), version 4.2., *Joint Research Centre of the European Commission/PBL Netherlands Environmental Assessment Agency* . Available at: http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=42.

JRC/PBL (2013). EDGAR version 4.2 FT2010, *Joint Research Centre of the European Commission/PBL Netherlands Environmental Assessment Agency* . Available at:

http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=42.

Kaya Y. (1990). Impact of carbon dioxide emission control on GNP Growth: interpretation of proposed scenarios, *Paper presented to the IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group* mimeo Paris, France.

PEACE (2007), Indonesia and Climate Change: Current Status and Policies, DfID and World Bank, Jakarta, Indonesia.

Yamaji, K., Matsuhashi, R., Nagata, Y. Kaya, Y., *An integrated system for CO_2/ Energy / GNP analysis: case studies on economic measures for CO_2 reduction in Japan*. Workshop on CO_2 reduction and removal: measures for the next century, March 19, 1991, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

WDI (World Development Indicators), 2009. World Bank, Washington, D.C.

WIOD , 2012. World Input-Output Database: Construction and Applications, FP7 Research Project,2009-2012; www.wiod.org.

World Bank (2001). World Bank environment strategy, World Bank Group.

World Bank (2003), Indonesia Environment Monitor 2003.

World Bank (2003). *World Development Report 2003: Sustainable Development in a Dynamic World*. World Bank, Washington, D.C.

World Bank (2009), Little Green Data Book. Washington, D.C.

World Bank (2010). *Economics of Adaptation to Climate Change - Synthesis Report*. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, DC. 136 pp. Available at: http://documents.worldbank.org/curated/en/2010/01/16436675/economics-adaptation-climatechange-synthesis-report.

World Bank (2010). *Economics of Adaptation to Climate Change - Synthesis Report*. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, DC. 136 pp.

World Bank (2010). *World Development Report 2010: Development and Climate Change*. World Bank, Washington, D.C., 424 pp., (ISBN: 9780821379875).

World Bank (2011). *The Changing Wealth of Nations. Measuring Sustainable Development in the New Millenium*.

World Bank, Washington DC.

World Bank (2013). *World Development Indicators 2013*. The World Bank, Washington, DC, (ISBN: 978-0-8213-9825-8).

World Bank, 2006. Where is the Wealth of Nations, World Bank, Washington DC.

World Climate Report (http://www.co2andclimate.org/climate/previous issues/ vol3/v3n20/feature1.htm).

World Commission on Environment and Development (1987). *Our Common Future*. UN World Commission on Environment and Development, Geneva, Switzerland, 416 pp., (ISBN: 978-0-19-282080-8). .

World Development Indicators (1999) World Bank publication.

World Development Report (2000) World Bank publication.

World Economic Forum. (2008). CEO Climate Policy Recommendations to G8.

World Public Opinion (2007), World Public Opinion.org and The Chicago Council on Global Affairs.

World Resource Institute (1998-99) Air pollution and health effects, Health and environment, World Bank publication.

WRI, UNDP, UNEP, World Bank. 2000. World Resources 2000-2001. People and Ecosystems: The Fraying Web of Life. World Resources Institute, Washington, D.C. WWF International, Gland, Switzerland.

WRI/CAIT , 2007. Climate Analysis Indicators Tools. CAIT Version 04. World Resources Institute. Washington, DC.

WTO (2011). WTO scales back its trade forecast to 5.8% as downside risks build. World Trade Organization. . Available at:http://www. wto. org/english/news e/pres11 e/ pr641 e.htm.