

Pengaruh Konsumsi Energi, Luas Kawasan Hutan dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi CO₂ di 6 (Enam) Negara Anggota ASEAN : Pendekatan Analisis Data Panel

Effects of Energy Consumption, Forest Areas and Economic Growth toward CO₂ emissions in 6 (six) ASEAN Member Countries : A Panel Data Analysis Approach

Ridwan Fauzi¹⁾

(Diterima tanggal 13 Februari 2017 Disetujui tanggal 11 April 2017)

ABSTRAK

Perubahan iklim (climate change) yang terjadi saat ini merupakan akibat meningkatnya emisi CO₂. Konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi sebagai penggerak perekonomian dianggap paling berpengaruh terhadap meningkatnya emisi CO₂. Nilai hutan sebagai penyerap emisi CO₂ hingga saat ini belum banyak diketahui. Maka diperlukan suatu riset empiris untuk mengetahui pengaruh konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, serta variabel baru berupa luas kawasan hutan yang turun terhadap peningkatan emisi CO₂ di 6 (enam) negara-negara anggota ASEAN. Penelitian ini bersifat desk analysis dengan metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode kepustakaan. Pembahasan analisis yang digunakan adalah analisis estimasi model ekonometrik dan statistika menurut panel data regression. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ekonometrika dari variabel konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi dengan menambahkan variabel luas kawasan hutan mempunyai pengaruh terhadap emisi CO₂ dengan tingkat kepercayaan terhadap model sebesar 97,84% dan sisanya yaitu 2,16% dipengaruhi oleh variabel-variabel lain diluar variabel tersebut. Indikasinya setiap kenaikan satu persen luasan hutan dari suatu negara akan mampu menurunkan nilai emisi CO₂ sebesar 0,04% (dalam metrik ton perkapita).

Kata Kunci: Emisi CO₂, Konsumsi Energi, Luas Hutan, Pertumbuhan Ekonomi, Analisis Data Panels.

ABSTRACT

Climate change is caused by increased emissions of CO₂. Energy consumption and economic growth is considered as the most influence factors on the increase of CO₂ emissions. The value of forests as an absorber of CO₂ emissions is generally unknown. An empirical research is required to determine the effect of energy consumption, economic growth, and also new variable such as the decrease of forest area toward the increase of CO₂ emissions in six (6) member countries of ASEAN. This study was a desk research. The data analyses used were the analysis of econometric models and statistical estimation according to data panel regression. The results showed that the econometric model with variable of energy consumption, economic growth by adding variable of forest area has an effect on CO₂ emissions with level of confidence in the model of 97.84% and the remaining 2.16% was influenced by other variables outside the variable used. It indicates that each one per cent increase of the forest area in a country will be able to reduce CO₂ emissions rate of 0.04% (in metric tons per capita).

Keywords: CO₂ emissions, Energy Consumption, Total Forest Areas, Economic Growth, Panel Data Analysis.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perhatian dunia internasional terhadap iklim bumi baru mengemuka pada dekade terakhir

ketika suhu bumi dirasakan meningkat secara nyata . Perubahan iklim (*climate change*) merupakan tantangan nyata di abad ke – 21, seiring meningkatnya suhu global sebagai

¹Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan, KLHK, Kawasan PUSPIPTEK Gedung 210, Serpong, Banten, Indonesia, ridwan_fkt@yahoo.com

pemicu terjadinya perubahan iklim. Meningkatnya suhu sebagai akibat tingginya konsentrasi gas rumah kaca yang berada di atmosfer bumi menjadi penyebab pemanasan secara global. Pembangunan umat manusia di segala bidang yang mencakup berbagai aspek baik ekonomi, sosial, budaya dan teknologi sangat erat kaitannya dengan penambahan konsentrasi gas rumah kaca yang ada di atmosfer.

Pembangunan ekonomi yang mengejar keuntungan secara ekonomi kerap kali mengabaikan dampaknya pada lingkungan sekitar. Pembangunan yang semula bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan umat manusia justru merusak sendi-sendi penunjang kehidupan (kualitas lingkungan hidup). Pembangunan ekonomi yang berjalan untuk meningkatkan kualitas dan keberlangsungan umat manusia tumbuh berbanding terbalik dengan kualitas lingkungan hidup. Degradasi kualitas tersebut erat kaitannya dengan penggunaan energi yang tidak ramah lingkungan dalam proses pembangunan ekonomi.

Perkembangan industri dibarengi dengan konsumsi energi yang menggunakan teknologi tidak ramah lingkungan khususnya di negara berkembang telah meningkatkan emisi gas rumah kaca. Penggunaan energi fosil akan meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca terutama *karbon dioksida* (CO_2). Gas CO_2 mempunyai kontribusi terbesar terhadap pemanasan global sekitar 56%, sedangkan CH_4 mempunyai kontribusi 18% dan N_2O berkontribusi sekitar 6% . Konsentrasigas CO_2 yang tinggi di atmosfer mengakibatkan pemanasan global sebagai

efek dari gas rumah kaca. Setiap gas rumah kaca mempunyai potensi pemanasan global (Global Warming Potential - GWP) yang diukur secara relatif berdasarkan emisi CO_2 dengan nilai 1. Makin besar nilai GWP makin bersifat merusak. Berdasarkan perhitungan untuk beberapa tahun belakangan ini dapat disimpulkan bahwa kontribusi CO_2 terhadap pemanasan global mencapai lebih dari 60% [3].

Perkembangan industri dibarengi dengan konsumsi energi yang menggunakan teknologi tidak ramah lingkungan khususnya di negara berkembang telah meningkatkan emisi gas rumah kaca. Penggunaan energi fosil akan meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca terutama *karbon dioksida* (CO_2). Gas CO_2 mempunyai kontribusi terbesar terhadap pemanasan global sekitar 56%, sedangkan CH_4 mempunyai kontribusi 18% dan N_2O berkontribusi sekitar 6% [2]. Konsentrasigas CO_2 yang tinggi di atmosfer mengakibatkan pemanasan global sebagai efek dari gas rumah kaca. Setiap gas rumah kaca mempunyai potensi pemanasan global (Global Warming Potential - GWP) yang diukur secara relatif berdasarkan emisi CO_2 dengan nilai 1. Makin besar nilai GWP makin bersifat merusak. Berdasarkan perhitungan untuk beberapa tahun belakangan ini dapat disimpulkan bahwa kontribusi CO_2 terhadap pemanasan global mencapai lebih dari 60%. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 4 Assessment Report* menyatakan bahwa Asia Tenggara diperkirakan akan terkena dampak serius dari dampak negatif perubahan iklim karena sebagian besar pertumbuhan ekonomi mengandalkan sektor

pertanian dan sumber daya alam [4]. Pertumbuhan ekonomi untuk enam negara-negara ASEAN yaitu Indonesia, Malaysia, Filipina, Singapura, Thailand dan Vietnam, mencapai 5,0% pada 2011, dan menjadi 5,6 % selama tahun 2012-2016, 2% lebih rendah dari pada tahun 2010. Ketidakpastian secara mendunia dan bencana alam telah memancarkan cahaya negatif dalam prospek pertumbuhan wilayah ini, namun dibandingkan dengan ekonomi *The Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) yang lamban, keseluruhan Asia Tenggara memiliki kinerja pertumbuhan yang kokoh hingga 2016 [5]. Meningkatnya pertumbuhan ekonomi keenam negara ASEAN tersebut dapat berdampak negatif pula terhadap peningkatan emisi.

Kebakaran hutan dan lahan serta gangguan lahan lainnya berakibat berkurangnya luas kawasan hutan dan menempatkan Indonesia dalam urutan ketiga sebagai penghasil emisi CO₂ terbesar di dunia. Indonesia berada di bawah Amerika Serikat dan China, dengan jumlah emisi yang dihasilkan mencapai dua miliar ton CO₂ per tahunnya atau menyumbang 10% dari emisi CO₂ di dunia [6]. Berdasarkan kondisi inilah diperlukan suatu riset empiris untuk mengetahui dampak pertumbuhan ekonomi, luas kawasan hutan yang turun, serta konsumsi energi yang tinggi terhadap peningkatan emisi CO₂ di 6 (enam) negara-negara anggota ASEAN.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara emisi CO₂ dengan konsumsi energi, luas kawasan hutan dan pertumbuhan

ekonomi di 6 (enam) negara-negara ASEAN.

Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang dibangun dalam penelitian ini adalah adanya pengaruh nyata antar pertumbuhan ekonomi, luas kawasan hutan dan konsumsi energi terhadap emisi CO₂ di 6 (enam) negara-negara ASEAN. Pertumbuhan ekonomi dan konsumsi ekonomi yang terus meningkat mengakibatkan tingginya nilai emisi CO₂ demikian juga dengan meningkatnya deforestasi akan mengakibatkan hal yang sama.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder. Data tersebut didapat dan dikompilasi dari *The World Bank* (<http://data.worldbank.org/>) yang meliputi:

1. Data Emisi CO₂
2. Data Konsumsi Energi
3. Data Luas Kawasan Hutan, dan
4. Data GDP (*Gross Domestic Product* atau Produk Domestik Bruto).

Data yang digunakan merupakan data kuantitatif 5 (lima) tahunan (dengan simbol operasional T) yaitu data pada tahun 1990, 1995, 2000, 2005 dan tahun 2010. Data dalam penelitian ini adalah data dari negara-negara anggota ASEAN. Negara ASEAN yang dimaksud dalam studi empiris ini adalah Indonesia, Malaysia, Philipina, Singapura, Thailand dan Vietnam (dengan simbol operasional N).

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini bersifat *desk analysis*, sehingga metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode kepustakaan, yaitu dengan

mengumpulkan data-data dari bahan-bahan pustaka yang berasal dari berbagai buku, literatur, jurnal-jurnal ilmiah, dan terbitan-terbitan lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

Model Data Panel

Panel data merupakan suatu teknik menggabungkan data *cross section* dan *time series* dalam panel data, *unit cross section* yang sama di-survey dalam beberapa waktu – [7][9]. Estimasi menggunakan panel data akan meningkatkan derajat kebebasan, mengurangi kolinieritas antara variabel penjelas dan memperbaiki efisiensi estimasi. Data panel seringkali digunakan untuk mengetahui perbedaan antar individu. Selain itu, data panel juga digunakan untuk mengatasi keterbatasan jumlah observasi, karena jumlah observasi yang lebih besar akan meningkatkan *degree of freedom*. Bentuk persamaan umum pada data panel adalah sebagai berikut:

$$Y_{it} = \beta_{it} + \beta_{it}X_{it} + \varepsilon_{it} \dots\dots\dots (1)$$

Pada persamaan 1 di atas, Y disebut variabel terikat (*dependent variable*), X adalah variabel bebas (*Independent variable*) atau variabel penjelas (*explanatory variable*), ε adalah variabel gangguan stokastik (*stochastic disturbance*), β adalah parameter-parameter regresi. Subskrip menunjukkan pengamatan yang ke- i dan waktu ke - t. Parameter β_{it} ditaksir atas dasar data yang tersedia untuk variabel Y dan X. terdapat K variabel independen pada X (tidak termasuk konstanta). Karakteristik individu (*heterogeneity*) terdapat pada β_{it} dimana β_{it} terdiri dari konstanta dan *group specific*

(misalkan: jenis kelamin, lokasi).

Penggunaan data panel mampu memberikan banyak keunggulan secara statistik maupun secara teori ekonomi, antara lain [8]:

1. Estimasi data panel dapat menunjukkan adanya heterogenitas dalam tiap unit;
2. Penggunaan data panel memberikan data yang lebih informatif, mengurangi kolinieritas antara variabel, meningkatkan derajat kebebasan dan lebih efisien;
3. Data panel cocok untuk menggambarkan adanya dinamika perubahan;
4. Data panel dapat lebih mampu mendeteksi dan mengukur dampak;
5. Data panel bisa digunakan untuk studi dengan model yang lebih lengkap;
6. Data panel dapat meminimumkan bias yang mungkin dihasilkan dalam regresi.

Alasan Pemilihan Model

Studi tentang hubungan antara emisi karbondioksida, konsumsi energi dan GDP dapat menggunakan pendekatan yang diusulkan untuk menggambarkan hubungan jangka panjang antara CO₂ emisi, konsumsi energi dan GDP riil di Cina sebagai berikut [10][17]:

$$C_{it} = \alpha_{it} + \beta_{1i}E_{it} + \beta_{2i}G_{it} + \beta_{3i}G_{it}^2 + \varepsilon_{it}$$

Dimana i =1,2,..., N yang mewakili propinsi dari suatu negara dalam panel, t=1,2,..., T mengacu pada periode waktu, C adalah jumlah emisi CO₂ (diukur dalam metrik ton perkapita), E adalah konsumsi energi (diukur dalam kg dari standard setara batubara perkapita) dan G adalah GDP (diukur dalam ribuan). β_1, β_2 dan β_3 mewakili perkiraan

elastisitas jangka panjang emisi CO₂ yang berkaitan dengan masing-masing konsumsi energi perkapita GDP riil dan kuadrat perkapita GDP riil. Dalam penelitian ini dilakukan estimasi parameter dalam model(1) dan melakukan beberapa tes panel pada hubungan kausalitas antara ketiga variabel. Hal ini mendalilkan bahwa $\beta_1 > 0$ sebagai peningkatan konsumsi energi mungkin akan menyebabkan peningkatan emisi CO₂. Deforestasi (kerusakan kawasan hutan) memberikan dampak pada meningkatnya emisi CO₂ di atmosfer, sehingga perlu dimasukkan dalam model untuk mengetahui peran kawasan hutan dalam mengontrol emisi CO₂. Pengembangan model yang baru merupakan gabungan 4 (empat variabel) yaitu emisi CO₂, konsumsi energi perkapita, pertumbuhan ekonomi (GDP) perkapita dan luas kawasan hutan. Sehingga, dalam penelitian dilakukan ini model yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$C_{it} = \alpha_{it} + \beta_{1i}E_{it} + \beta_{2i}G_{it} + \beta_{3i}G_{it}^2 + \beta_{4i}F_{it} + \varepsilon_{it}$$

..... (3)

Dimana,

F = Luas kawasan hutan

Pemilihan Variabel dan Pendekatan

Definisi operasional adalah petunjuk tentang bagaimana variabel-variabel dalam penelitian diukur. Variabel-variabel dalam penelitian ini menggunakan definisi operasional sebagai berikut:

1. Emisi CO₂ Perkapita

Emisi CO₂ adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah

atom karbon. Senyawa berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar dan hadir di atmosfer bumi. Emisi CO₂ perkapita adalah emisi CO₂ yang dihasilkan perorang dalam satu tahun. Data emisi sulfur diukur dalam satuan ribu ton pertahun.

2. Konsumsi Energi perkapita (dalam satuan kilo gram setara minyak)

Penggunaan energi mengacu pada penggunaan energi primer sebelum ditransformasi bentuk energi bahan bakar yang lain, yang sama dengan produksi asli ditambah impor dan perubahannya, dikurangi ekspor dan bahan bakar yang dipasok ke kapal dan pesawat yang terlibat dalam perjalanan internasional.

3. Luas Kawasan Hutan (hektar)

Luas kawasan hutan adalah luasan lahan hutan yang ditumbuhi pohon baik pohon produktif maupun tidak. Luas kawasan hutan bukan termasuk dalam area lahan pertanian dan perkebunan.

4. Produk Domestik Bruto (Y) perkapita

Produk Domestik Bruto (PDB) merupakan jumlah dari nilai tambah bruto dari semua produsen penduduk dalam perekonomian ditambah pajak produk dan dikurangi semua subsidi yang tidak masuk dalam nilai produk. Hal ini dihitung tanpa membuat potongan untuk penyusutan aktiva dibuat atau untuk deplesi dan degradasi sumber daya alam. PDB perkapita adalah Produk Domestik Bruto dibagi dengan populasi tengah tahun. Data dalam mata uang US dolar(US \$) saat ini.

Prosedur Estimasi

Model ekonometrika digunakan untuk menganalisis data yang telah dikumpulkan. Ekonometrika didefinisikan sebagai analisis kuantitatif dari fenomena ekonomi yang sebenarnya (aktual) yang didasarkan pada pengembangan yang berbarengan dari teori dan pengamatan, dihubungkan dengan metode inferensi yang sesuai. Ekonometrika merupakan campuran dari teori ekonomi, ekonomimatematis, statistikaekonomi, dan statistikamatematis.

Analisis panel data pada penelitian ini menggunakan *software Stata/IC11.0* untuk pengolahan data [18], [19]. Alat analisis ini diharapkan mampu menjawab tujuan dari penelitian ini karena hasil penelitian ini akan memberikan hasil apakah emisi CO₂ mempunyai hubungan (berkointegrasi) dengan variabel yang lain yaitu konsumsi energi perkapita, luas kawasan hutan dan GDP perkapita.

Pembahasan analisis yang digunakan adalah analisis estimasi model ekonometrik dan statistika beserta analisis ekonominya menurut *panel data regression*. Analisis statistika akan dilakukan untuk melihat sampai mana validitas model yang digunakan dalam penelitian melalui pengujian secara statistik terhadap model yang bersangkutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Deskriptif

Dalam penelitian ini, dianalisis sebuah model regresi seberapa besar pengaruh dari pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi dan luas kawasan hutan dari 6 (enam) negara-negara ASEAN terhadap jumlah emisi CO₂

yang dihasilkan dari negara-negara ASEAN tersebut. Model regresi yang dibuat adalah:

$$C_{it} = \alpha_{it} + \beta_{1i}E_{it} + \beta_{2i}F_{it} + \beta_{3i}G_{it} + \beta_{3i}G_{it}^2 + \varepsilon_{it} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana,

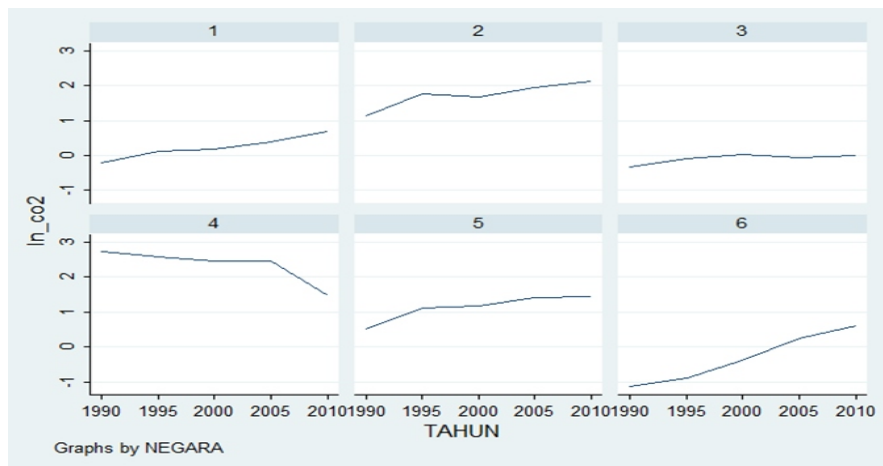
- C = emisi CO₂ (dalam metric tons perkapita)
- E = jumlah konsumsi energi perkapita (kg setara minyak)
- F = luas hutan (dalam hektar)
- G&G² = GDP per kapita (dalam US\$)

Model tersebut (persamaan 4) terlebih dahulu ditransformasi kedalam model log-log untuk mengetahui ukuran elastisitas variabel dependent (emisi CO₂) terhadap variabel-variabel independen (jumlah konsumsi energi perkapita, luas hutan dan GDP per kapita). Kelebihan model log-log terdapat pada koefisien slope β₂ dalam model lnY = lnβ₁, β₂lnX, dimana β₂ menggambarkan ukuran elastisitas Y terhadap X [7], [8]. Model log-log yang bisa disusun untuk tujuan deskriptif berupa mengetahui tingkat perubahan emisi CO₂ (dalam persen) bila terjadi perubahan pada jumlah konsumsi energi perkapita, luas hutan dan GDP perkapita (semua dalam persen) adalah sebagai berikut:

$$\ln C_{it} = \ln \alpha_{it} + \beta_{1i} \ln E_{it} + \beta_{2i} \ln F_{it} + \beta_{3i} \ln G_{it} + \beta_{3i} \ln G_{it}^2 + \varepsilon_{it} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana,

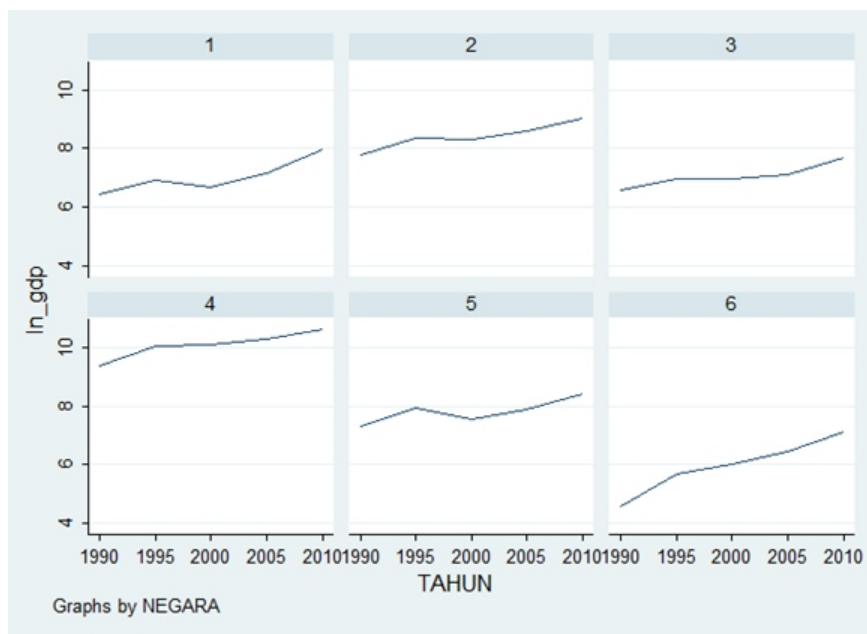
- C = emisi CO₂ (dalam metric tons perkapita)
- E = jumlah konsumsi energi perkapita (kg setara minyak)
- F = luas hutan (dalam hektar)
- G = GDP perkapita (dalam US\$)



Gambar 1. Grafik emisi CO₂(dalam metrik ton perkapita) Pada Enam Negara Anggota Anggota ASEAN. (1: Indonesia; 2: Malaysia; 3: Philipina; 4: Singapura; 5: Thailand; 6: Vietnam)

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa emisi CO₂ di enam negara anggota ASEAN rata-rata mempunyai tren yang terus meningkat meskipun satu negara yaitu Singapura mengalami penurunan emisi CO₂ dari semula 15,41 metrik ton per kapita tahun 1990 menjadi 4,3232 metrik ton perkapita pada tahun 2010. Penurunan tingkat emisi CO₂ khususnya di

Singapura bisa disebabkan beberapa hal, diantaranya meningkatnya sumbangan GDP dari sektor perdagangan dibandingkan dari sektor industri dan penggunaan teknologi yang ramah lingkungan [20], [21]. Selain itu, kemungkinan lokalisasi industri pada kawasan tertentu lebih mudah dalam mengendalikan emisi CO₂ yang dihasilkan dengan melakukan teknik-teknik tertentu.



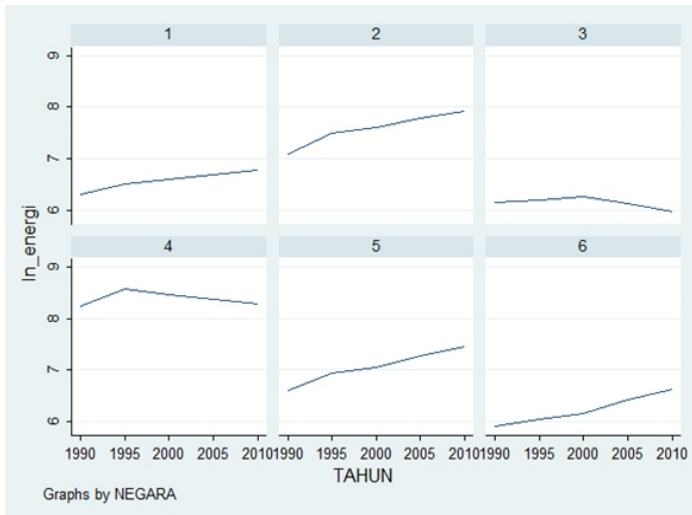
Gambar 2. Grafik GDP per kapita (dalam US dollar) Pada Enam Negara Anggota Anggota ASEAN.(1: Indonesia; 2: Malaysia; 3: Philipina; 4: Singapura; 5: Thailand; 6: Vietnam)

Dari Gambar 2 menunjukkan adanya tren peningkatan nilai GDP perkapita pada enam negara anggota ASEAN. Dengan nilai GDP perkapita tertinggi yaitu Singapura dengan nilai GDP perkapita pada tahun 2010 mencapai US\$ 41.122,19/ tahun, sedangkan GDP perkapita paling rendah yaitu Vietnam dengan nilai GDP perkapita pada tahun 2010 sebesar US\$ 1.224,19/ tahun. Untuk Indonesia diketahui GDP perkapita tahun 2010 sebesar US\$ 2.945,58/ tahun. Sehingga nilai GDP perkapita Indonesia di tahun 2010 lebih rendah dibandingkan dengan negara tetangganya yaitu Singapura dan Malaysia, hal ini dikarenakan jumlah populasi penduduk Indonesia yang tinggi diantara lima negara ASEAN yang lain, berdasarkan sumber *World Bank* di tahun 2010 penduduk Indonesia berjumlah 239.870.937 jiwa.

Gambar 3 menunjukkan luas hutan di enam negara anggota ASEAN. Berdasarkan persentase tersebut diketahui bahwa luas hutan di Indonesia merupakan yang paling besar dibanding lima negara yang lain yaitu 118.545.000 hektar pada tahun 1990, akan tetapi mengalami penurunan kurva grafik yang menandakan masih adanya deforestasi di Indonesia dengan luas hutan menjadi 94.432.000 hektar pada tahun 2010. Deforestasi di Indonesia tahun 2011 sebesar 832.126,9 hektar/ tahun[22]. Sementara itu untuk persentase luas hutan di Singapura menunjukkan data yang *flat* (datar), hal ini dikarenakan data luas hutan di Singapura menunjukkan nilai yang konstan yaitu sebesar 2.000 hektar mulai dari tahun 1990 sampai dengan tahun 2010. Sedangkan negara Malaysia, Philipina, Thailand dan Vietnam cenderung mempunyai perubahan luas hutan yang tetap.



Gambar 3. Grafik Persentase Luas Hutan (dalam hektar) di Enam Negara Anggota ASEAN. (1: Indonesia; 2: Malaysia; 3: Philipina; 4: Singapura; 5: Thailand; 6: Vietnam).



Gambar 4. Persentase Konsumsi Energiper kapita (dalam kg setara minyak) Di Enam Negara Anggota ASEAN. (1: Indonesia; 2: Malaysia; 3: Philipina; 4: Singapura; 5: Thailand; 6: Vietnam)

Dari Gambar 4 diketahui bahwa persentase konsumsi energi tertinggi yaitu Singapura (3.948,08 kg setara minyak pada tahun 2010), sedangkan konsumsi energi terendah untuk tahun 2010 adalah Philipina (393,08 kg setara minyak). Singapura tergolong melakukan konsumsi energi perkapita yang tinggi dibandingkan lima negara anggota ASEAN yang lain, hal ini dikarenakan negara industri yang maju di Singapura mengakibatkan kebutuhan akan energi juga tinggi [23]. Bisa dibandingkan dengan emisi CO₂ pada Gambar 1 menunjukkan adanya tren

menurun, hal ini juga diikuti tren yang menurun juga untuk kebutuhan energi, meskipun di Gambar 2 GDP perkapita yang terus meningkat. Kondisi di Singapura ini menunjukkan bahwa Singapura telah melakukan langkah-langkah penurunan emisi CO₂ dengan menggunakan teknologi yang ramah lingkungan atau kemungkinan adanya pemindahan sektor usaha dari berbasis teknologi menuju sektor usaha yang berbasis jasa, dimana sektor ini relatif membutuhkan konsumsi energi yang lebih rendah dibanding sektor-sektor yang lain.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap model yang dibuat diketahui bahwa model yang digunakan adalah *Pooled Least Square*. Model tersebut kemudian dilakukan pengujian penyimpangan asumsi klasik (uji multikolinearitas, uji autokorelasi, dan uji heteroskedastisitas)maka model yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$\ln C_{it} = (-15,0379) - 0,0436 \ln F_{it} + 1,3560 \ln E_{it} + 1,9766 \ln G_{it} - 0,1332 \ln G_{it}^2 \dots\dots\dots (6)$$

dalam bentuk yang lain:

$$\ln \text{Emisi CO}_2 = (-15,0379) - 0,0436 \ln \text{Luas Hutan} + 1,3560 \ln \text{Konsumsi Energi per kapita} + 1,9766 \ln \text{GPD per kapita} - 0,1332 \ln \text{GDP}^2 \text{ per kapita} \dots\dots\dots(7)$$

Dari hasil uji diketahui nilai *R-square* (residual kuadrat) sebesar 0,9784 atau 97,84%, ini artinya model yang telah dibuat mempunyai arti bahwa variasi perubahan persentase emisi CO₂ dapat dijelaskan oleh variabel-variabel luas hutan, konsumsi energi dan pertumbuhan energi sebesar 97,84% dan sisanya yaitu 2,16% dipengaruhi oleh variabel-variabel lain diluar varibel tersebut. Hasil yang signifikan terhadap emisi CO₂ atas variabel-variabel konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi juga terdapat dalam beberapa penelitian terdahulu –[11], [24][26]. Setiap variabel yang digunakan menunjukkan hasil yang signifikan ditandai dengan nilai probabilitas (t) pada taraf uji $\alpha = 5\%$ bernilai sangat signifikan. Dimana masing-masing

variabel mempunyai nilai $\text{prob}>t = 0,000$ dan hanya satu yang mempunyai nilai $\text{prob}>t = 0,037$ yaitu variabel luas kawasan hutan.

Definisi masing-masing variabel dapat dijelaskan melalui nilai koefisien masing-masing variabel. Seperti pada luas hutan, setiap kenaikan satu persen luasan hutan dari suatu negara akan mampu menurunkan nilai emisi CO_2 sebesar 0,04% (dalam metrik ton perkapita). Koefisien bernilai negatif artinya bertambahnya nilai persentase suatu variabel akan menurunkan nilai dari variabel dependennya. Sehingga, dengan menghentikan laju deforestasi dan atau menjaga luas kawasan hutan agar tidak berkurang akan memberikan dampak yang positif dengan berkurangnya nilai emisi CO_2 disuatu negara [27], [28]. Hal inimenjadikan sektor kehutanan mempunyai peran penting dalam pengurangan emisi CO_2 . Hal ini seiring dengan target pemerintah yang disampaikan dalam pertemuan G-20 tahun 2009 di Pittsburgh untuk mengurangi emisi CO_2 sebesar 26% [29].

Disisi lain nilai koefisien konsumsi energi dan GDPper kapita bernilai positif terhadap emisi CO_2 , artinya setiap peningkatan 1% konsumsi energi per kapita (kg)dan GDP per kapita (US\$) akan menambah nilai emisi sebesar masing-masing 1,36% dan 1,98%. Penggunaan teknologi yang ramah lingkungan dengan menghemat konsumsi energi akan mengurangi tingkat emisi CO_2 di atmosfer bumi. Pengurangan emisi CO_2 akan mengurangi laju pertumbuhan ekonomi, dan hal ini tidak akan terjadi ketika pengurangan emisi dilakukan dengan

menggunakan teknologi yang ramah lingkungan [10], [13].Selain itu, yang tidak kalah pentingnya adalah gerakan kepedulian rumah tangga dalam menerapkan pembangunan hijau dengan memanfaatkan ruang dengan optimal sebagai tempat tumbuh tanaman yang mampu menyerap emisi CO_2 . Pengenalan lebih dini tentang peduli lingkungan pada anak usia sekolah juga merupakan upaya untuk menjaga lingkungan dimasa yang akan datang [30].

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

Analisis Deskriptif

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Hubungan antara emisi CO_2 , luas kawasan hutan, konsumsi energi per kapita dan GDP per kapitadi enam negara-negara anggota ASEAN yaitu Indonesia, Malaysia, Singapura, Thailand, Vietnam dan Philipina dapat dibuat dalam model sebagai berikut:

$$\ln \text{ Emisi } \text{CO}_2 = (-15,0379) - 0,0436 \ln \text{ Luas Hutan} + 1,3560 \ln \text{ Konsumsi Energi per kapita} + 1,9766 \ln \text{ GDP per kapita} - 0,1332 \ln \text{ GDP}^2 \text{ per kapita}$$
2. Model tersebut menunjukkan hasil yang signifikan pada taraf uji $\alpha = 1\%$ ($R\text{-squared} = 0,9784$) untuk bisa menjelaskan pengaruh luas hutan, konsumsi energi per kapitadan GDP per kapita terhadap tingkat emisi CO_2 di enam negara anggota ASEAN.

3. Penggunaan analisis data panel mampu menjawab kebutuhan penelitian ini untuk menjawab keterkaitan masing-masing variabel yang telah digunakan.

Implikasi Kebijakan

Berdasarkan kesimpulan yang telah disusun diatas, maka dapat diberi saran sebagai implikasi kebijakan yaitu:

1. Pertumbuhan ekonomi yang ditargetkan untuk tahun-tahun yang akan datang untuk negara-negara anggota ASEAN yaitu Indonesia, Singapura, Malaysia, Thailand, Philipana dan Vietnam harus dilakukan dengan menggunakan teknologi-teknologi yang ramah lingkungan dengan meminimalkan penggunaan bahan bakar fosil.
2. Kawasan hutan merupakan salah satu variabel dalam penelitian ini yang mampu mengurangi laju peningkatan emisi CO₂ di atmosfer, maka perlu adanya upaya untuk menghentikan deforestasi yang masih terjadi dan mempertahankan luas kawasan hutan yang telah ada, serta meningkatkan luas kawasan hutan yang berada di kawasan industri.
3. Rumah tangga sebagai kelompok terkecil dipacu untuk mampu memberikan ruang hijau sebagai penyerap emisi CO₂.

DAFTAR PUSTAKA

1. Y. Rochmayanto, D. Darusman, and R. Teddy, HUTAN RAWA GAMBUT dan HTI PULP dalam BINGKAI REDD+, 1st ed. Bogor, Jawa Barat: Forda Press dan Pusat Litbang Perubahan Iklim dan Kebijakan, 2013.
2. P. P. Dewi, "Climate change impacts on tropical agriculture and the potential of organic agriculture to overcome these impacts," Asian J. Food Agro-industry, no. Special Issue, p. 10.17, 2009.
3. A. Sugiyono, "Penanggulangan Pemanasan Global," J. Sains dan Teknol. Modif. Cuaca, vol. 7, pp. 15-16, 1997.
4. United Nations Convention to Combat Desertification and IFAD, "Climate Change Impacts: South East Asia," pp. 1-3, 2009
5. OECD, "Siaran Pers Asia Tenggara: Pertumbuhan Tetap Kokoh Dalam Jangka Menengah - 5.6% pada 2012-2016, menurut oecd," no. November 2011, pp. 0-2, 2011
6. D. Sutaryo, Penghitungan Biomassa: Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon. Wetlands International Indonesia Programme, 2009.
7. D. N. Gujarati and D. C. Porter, "Basic econometrics - Economic series McGraw-Hill international editions: Economic series," The Mc Graw Hill Companies. p. 1002, 2004
8. B. H. Baltagi, Econometric analysis of panel data, 3rd ed. JohnWiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex Po19 8SQ, England: British Library Cataloguing in Publication Data, 2005.

9. M. Mehrara, "A Panel Estimation of the Relationship Between Trade Liberalization, Economic Growth and CO 2 Emissions in BRICS Countries," *Hyperion Econ. J. Year I*, no. 41, 2013.
10. S. S. Wang, D. Q. Zhou, P. Zhou, and Q. W. Wang, "CO2 emissions, energy consumption and economic growth in China: A panel data analysis," *Energy Policy J.*, vol. 39, no. 9, pp. 4870-4875, 2011.
11. S. Niu, Y. Ding, Y. Niu, Y. Li, and G. Luo, "Economic growth, energy conservation and emissions reduction: A comparative analysis based on panel data for 8 Asian-Pacific countries," *Energy Policy*, vol. 39, no. 4, pp. 2121-2131, 2011.
12. H. Vidyarthi, "Energy consumption, carbon emissions and economic growth in India," *World J. Sci. Technol. Sustain. Dev.*, vol. 10, no. 4, pp. 278-287, Oct. 2013.
13. H. Vidyarthi, "An econometric study of energy consumption, carbon emissions and economic growth in South Asia: 1972-2009," *World J. Sci. Technol. Sustain. Dev.*, vol. 11, no. 3, pp. 182-195, Jul. 2014.
14. M. H. Liu and K. K. Xue, "An Empirical Study on China's Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth," *Adv. Mater. Res.*, vol. 869-870, pp. 377-380, Dec. 2013.
15. M. E. H. Arouri, A. Ben Youssef, H. M'henni, and C. Rault, "Energy consumption, economic growth and Co2 emissions in Middle East and North African countries," *Energy Policy*, vol. 45, pp. 342-349, 2012.
16. L. Yang, J. Wang, and H. Pan "Relationship Between Energy Consumption, Economic Development And Carbon Emissions In China," *Environ. Eng. Manag. J.*, vol. 13, no. 5, pp. 1173-1180, 2014.,
17. M. Sharif Hossain, "Panel estimation for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries," *Energy Policy*, vol. 39, no. 11, pp. 6991-6999, 2011.
18. C. Moody, *Basic Econometrics with Stata*. Economics Department College of William and Mary, 2005.
19. A. Suwardi, "Modul Stata: Tahapan dan Perintah (Syntax) Data Panel," Jakarta: Laboratorium Komputasi Departemen Ilmu Ekonomi-FEUI Lt. 1, 2011.
20. A. Finenko and L. Cheah, "Temporal Co2 emissions associated with electricity generation: Case study of Singapore," *Energy Policy*, vol. 93, pp. 70-79 Jun. 2016.
21. B. R. L. FEUI, "Analisis Ekonomi Beberapa Negara Asia dan AS: Periode 2005-2009," pp. 1-10, 2010
22. K. Kehutanan, *Statistik Kehutanan Indonesia 2011*. Jakarta: Kementerian Kehutanan, 2012.
23. Asian Development Bank, "The Economics of Climate Change in Southeast Asia: A Regional Review," *Asian Dev. Bank*, no. April, p. 255, 2009.

24. M. Hussain, M. Irfan Javaid, and P. R. Drake, "An econometric study of carbon dioxide (CO₂) emissions, energy consumption, and economic growth of Pakistan," *Int. J. Energy Sect. Manag.*, vol. 6, no. 4, pp. 518-533, Nov. 2012.
25. M. Papiez, "CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in the Visegrad Group countries: a panel data analysis."
26. Y.-J. Joo, C. S. Kim, and S.-H. Yoo, "Energy Consumption, Co₂ Emission, and Economic Growth: Evidence from Chile," *Int. J. Green Energy*, vol. 12, no. 5, pp. 543-550, 2015.
27. H. Krisnawati, R. Imanuddin, W. C. Adinugroho, and S. Hutabarat, *Metode Standar untuk Pendugaan Emisi Gas Rumah Kaca dari Sektor Kehutanan di Indonesia*, 1st ed., no. Versi 1. Bogor, Jawa Barat: Badan Litbang dan Inovasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015.
28. H. Krisnawati, W. C. Adinugroho, R. Imanuddin, and S. Hutabarat, *Pendugaan Biomassa Hutan untuk Perhitungan Emisi CO₂ di Kalimantan Tengah: Pendekatan komprehensif dalam penentuan faktor ...*, 1st ed., no. April. Bogor, Jawa Barat: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 2014.
29. L. V Verchot et al., "Mengurangi emisi Kehutanan di Indonesia," *Cent. Int. For. Res.*, vol. 20, no. 1, pp. 1-14, 2010.
30. I. Zeber-Dzikowska, J. Chmielewski, and M. Wojciechowska, "Ecological and environmental education in the ethical context Wychowanie ekologiczne , srodowiskowe," *Environ. Prot. Nat. Resour.* 2016, vol. 27, no. 2, pp. 44-47, 2016.