

## **ANALISIS PENERAPAN KEBIJAKAN KYOTO PROTOCOL**

**Muryani  
Citra Pertiwi**

### *ABSTRACT*

*Increasing competition of good output which interpreted with GDP in developed and developing countries that are members of the G20, have some impact on the degradation of environmental quality. The Production of good output namely GDP cannot be separated from bad output's production which is CO<sub>2</sub>. The need for the Kyoto protocol as an environmental policy which has been ratified by the G20 that supposing to control emission levels which can be measured by the measurement of the environmental efficiency of the G20 countries. Apart from the environmental efficiency, efficiency is not the main criterion for making a country to be standard for another country. On the other hand, the performance quality of the environment must also be taken into account. The amount of the cost of environmental policy to maximize environmental efficiency of a country but the environmental performance of the country, state inefficiency in the cost of the policy then the country has not been used in a cost-efficient technology for improving the environmental quality.*

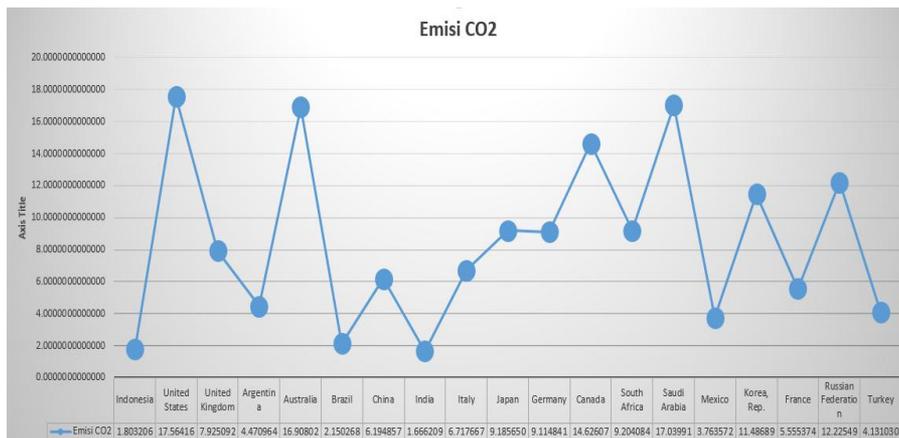
*The approach which has used in this study is a quantitative approach, using Data Envelopment Analysis (DEA). To specify the input and output that is used in determining the environmental efficiency using Malmquist Index. The input and output is processed by looking at differences in productivity and incorporate technological change in its interpretation. It can be concluded that the value of the environmental efficiency of some countries are on the production frontier even if the Kyoto protocol is not implemented, but with the policy of the Kyoto protocol was able to further improve the efficiency of the environment. In some other countries for example Brazil rose from 70.09% to 83.49%, while the Germany states increased by 4.43% in their environmental policy. From some countries evident show that the policy of the Kyoto protocol succeeded in carrying out its role as controlling the growth of emissions in developed and developing countries, especially the G20 members.*

*Keywords : the environmental efficiency, G20 members, DEA, Kyoto protocol*

## PENDAHULUAN

Keterkaitan energi dan perekonomian pada suatu negara, menurut Yusgiantoro (2000), secara umum dapat dilihat dalam beberapa komponen ekonomi makro seperti GDP atau output, penerimaan pemerintah, penerimaan ekspor, dan neraca pembayaran. Dalam meningkatkan GDP suatu negara membutuhkan beberapa input, dalam penelitian ini penulis membatasi input suatu negara berupa angkatan kerja, perdagangan saham, dan konsumsi energi suatu negara. Pada nyatanya pembangunan ekonomi yang sangat bergantung pada penggunaan energi otomatis tidak hanya menimbulkan *good output* seperti GDP, tetapi juga *bad output* yang berupa emisi CO<sub>2</sub>.

*Good output* dan *bad output* sebagai bagian dari proses industrialisasi dan urbanisasi sangat berpengaruh pada isu – isu lingkungan yang berkembang dimana sangat erat kaitannya dengan energi utilization, yang secara implisit akan mendorong pertumbuhan pada produksi dan konsumsi akan energi itu sendiri (Yang and Wang. 2013).



Gambar 1.  
Tren Peningkatan Emisi CO<sub>2</sub> Metric/ Ton Negara G20  
Kecuali Uni Eropa Tahun 2010  
Sumber: Website World Bank, diolah.

Gambar 1 mendeskripsikan tentang tren peningkatan emisi CO<sub>2</sub> di beberapa Negara, sebagai contoh Amerika pada tahun 2010 menduduki peringkat pertama dari seluruh anggota negara G20. Dimana kondisi tersebut diringi dengan GDP

Amerika yang paling tinggi. Seiring dengan Indonesia dengan tingkat emisi CO<sub>2</sub> yang paling rendah tetapi juga diringi dengan GDP yang paling rendah pula pada tahun 2010. Maka dapat disimpulkan peningkatan *good output* selalu diringi dengan peningkatan *bad output*. Sehingga perlu adanya perencanaan energi yang efisien serta kebijakan lingkungan di dalam pembangunan ekonomi yang memenuhi konsep *sustainability* baik dari segi konsumsi energi yang lebih efisien, emisi yang lebih terkontrol, dan GDP yang tetap meningkat atau cenderung stabil. Salah satu kebijakan lingkungan yang diratifikasi oleh negara – negara G20 adalah *Kyoto protocol* atau protokol Kyoto.

Oleh sebab itu untuk melihat efisiensi perencanaan energi yang efisien serta kebijakan lingkungan terhadap pembangunan ekonomi maka penulis menggunakan pendekatan input – output. Dengan input terdiri dari konsumsi energi sebagai faktor energi, angkatan kerja dan saham yang diperdagangkan sebagai faktor dari non energi, dan output yang terdiri dari GDP yang mewakili *good output*, serta emisi CO<sub>2</sub> yang mewakili *bad output*. Sample data menggunakan data dari negara – negara anggota G20, negara anggota G20 dipilih sebagai sampel karena dianggap menginterpretasikan berbagai cakupan negara maju dan berkembang.

Metode penulisan yang digunakan adalah metode *Data Envelopment Analysis* atau DEA. DEA adalah suatu metode yang non-parametrik yang mengukur tingkat efisiensi menggunakan *decision-making unit* (DMU) (Charnes *et al*, 1978). Beberapa penelitian terdahulu seperti Barnum dan Eric (2009), Peroni (2012), Li-Yang dan Wang (2013) telah menggunakan teknik DEA dalam pengukuran tingkat efisiensi lingkungan. Pada intinya penelitian ini akan menganalisa bagaimana tingkat efisiensi lingkungan kaitannya dengan GDP pada negara G20 saat penerapan *Kyoto protocol*.

## TINJAUAN PUSTAKA

*Kyoto protocol* pertama kali disepakati dan diratifikasi oleh berbagai negara dengan tujuan yang sama yaitu mengurangi polusi dengan menargetkan emisi gas rumah kaca dan menggagas mekanisme pasar untuk kuota emisi yang dapat diperjual belikan. *Kyoto protocol* sendiri adalah sebuah kebijakan dari kerangka kerja PBB tentang perubahan iklim atau UNFCCC, *Kyoto protocol* digagas di Jepang pada desember tahun 1997. Dibawah kebijakan *Kyoto protocol*, negara – negara yang meratifikasi kebijakan tersebut berkomitmen untuk memenuhi target yang telah ditentukan mekanisme – mekanisme dari *Kyoto protocol*, mekanisme – mekanisme tersebut antara lain ; 1) *International emission trading*, 2) *Clean development mechanism*, 3) *Joint implementation*.

Negara yang meratifikasi harus bertujuan selain mengurangi tingkat emisi gas rumah kaca juga diwajibkan menstimulasi investasi hijau serta mencapai target emisi yang ditentukan dengan biaya yang efektif dan efisien (unfccc.int). Seiring dengan itu negara dibawah naungan *Kyoto protocol* akan mendapat keuntungan dari penerapan kebijakan tersebut, antara lain: dapat menstimulasi adanya ekonomi pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dengan adanya transfer teknologi dan investasi pada teknologi, artinya dengan adanya investasi dan transfer teknologi antar negara anggota *Kyoto protocol* sumber daya alam yang digunakan dapat lebih efisien dan emisi dari aktivitas produksi dapat ditekan sehingga tidak mencemari lingkungan.

Lebih dari itu kemudahan negara anggota *Kyoto protocol* untuk memenuhi target pengurangan emisi, serta menghilangkan gas gas karbon beracun pada atmosphere. Mendukung sektor privat dan negara berkembang untuk berkontribusi dalam upaya pengurangan emisi. Negara – negara yang berpartisipasi dalam Kyoto protocol sendiri dalam kurun waktu 1997 – 2014 berjumlah lebih dari 192 negara di dunia, baik negara maju maupun berkembang.

### **Penelitian Terdahulu**

Berlokasi di Negara Cina, Yang and Wang (2013) melakukan penelitian dengan judul *Regional Differences of Environmental Efficiency of China's Energy Utilization and Environmental Regulation Cost Based on Provincial Panel Data and DEA Method*. Input yang digunakan adalah *labor, energy consumption, dan capital investment*. Sementara Output yang digunakan dibagi menjadi dua, yaitu *good output* dan *bad output*. *Good output* berupa GDP dan *bad output* berupa emisi CO<sub>2</sub>. Penelitian ini menggunakan skenario jika seandainya tidak ada kebijakan lingkungan maka berapa *efficiency loss* dari setiap provinsi di Cina serta menghitung berapa biaya dari adanya penerapan kebijakan lingkungan. Sementara Peroni (2012) melakukan penelitian pada limabelas negara Eropa barat yang termasuk anggota Uni Eropa dengan judul *Environmental Efficiency Indices: Towards a New Approach to Green-growth Accounting*. Menggunakan metode *Frontier DEA* dengan orientasi output – VRS. Input dalam penelitian ini adalah *labor, energy consumption, dan capital deepening rates*. Output yang digunakan adalah GDP dan CO<sub>2</sub>. Hasil yang diperoleh adalah bahwa selama periode 1995 – 2009 terdapat dua negara yang *fully efficient* dan berada tepat pada garis frontier dalam tingkat efisiensi lingkungan yaitu Luxembourg dan swedia. Negara dengan performa lingkungan terburuk adalah US, Finlandia, dan Greece, artinya tiga negara tersebut dalam kurun waktu 1995 – 2009 selalu meningkatkan GDP tetapi selalu diiringi dengan penurunan tingkat emisi yang

rendah. Peroni (2012) juga mengukur perubahan produktivitas serta performa lingkungan dan indikasi ada EKC dengan menggunakan index malmquist.

Dua peneliti yaitu Welch W Eric, dan Darold T. Banum (2009) melakukan penelitian dengan menggunakan *non-parametric frontier* (DEA dan New DEA). Penelitian ini melihat nilai efisiensi biaya, efisiensi teknik dan efisiensi lingkungan pada industry listrik di Amerika. judul penelitian *Joint Environmental and Cost Efficiency Analysis of The Electricity Production Industry: Applying the Materials Balance Condition*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa industri listrik efisien pada biaya dan teknikal tetapi inefisien pada efisiensi lingkungan. Sehingga jika industry listrik di Amerika ingin efisien pada tingkat lingkungannya perusahaan listrik harus meningkatkan biaya operasionalnya sebesar 79% untuk penurunan emisi 28%. Jadi dapat disimpulkan bahwa efisiensi biaya dan teknikal terhadap efisiensi lingkungan menimbulkan *carbon-cost trade offs* untuk setiap DMU.

Sementara Cainelli *et al.* (2008) melakukan penelitian dengan judul *The Relationship Between Environmental Efficiency and Manufacturing Firm's Growth*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat hubungan antara ukuran perusahaan atau *economic performances* dengan intensitas indikator emisi dengan menggunakan teknikal efisiensi pada industri manufaktur di Italia. Kesimpulan yang diperoleh adalah dengan adanya regulasi lingkungan, peningkatan pada efisiensi lingkungan mendorong timbulnya *economic costs* yang menyebabkan menurunnya pertumbuhan perusahaan, sehingga secara statistik signifikan *trade – off* terjadi antara efisiensi lingkungan dengan pertumbuhan perusahaan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Metode *Heckman two-step procedure*. Sementara Halkos dan Nickolaos (2013) melakukan penelitian untuk melihat efek kebijakan pemerintah terhadap tingkat kualitas lingkungan. Penelitian dilakukan dengan metode *non parametric Nadaraya – Watson estimator*. Menggunakan sampel data dua puluh negara anggota G20 dengan tujuh variabel yaitu emisi karbondioksida, *voice and accountability*, stabilitas politik, *absence of violence*, *government effectiveness*, *regulatory quality*, *rule of law and control corruption*. Hasilnya hubungan antara emisi karbondioksida dengan pemerintah adalah non – linier, artinya setiap terjadi peningkatan presentase pada kemampuan masyarakat dalam memilih pemerintah di negara G20 maka presentasi misi karbon dioksida yang diproduksi mengalami penurunan.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian terdahulu, dimana analisa efisiensi menggunakan metode *Data Envelopment Analisis* (DEA). Lebih jauh lagi, penelitian ini melihat tingkat efisiensi lingkungan dengan adanya kebijakan Kyoto

protocol dan jika tidak ada kebijakan lingkungan, serta melihat berapa efficiency loss dari setiap negara anggota G20 jika tidak diterapkan kebijakan kelingkungan. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah negara – negara anggota G20 sebagai negara yang diharapkan dapat merepresentasikan negara maju dan berkembang. Pemilihan sampel inilah yang membedakan penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu.

Terdapat dua pendekatan yang secara umum digunakan dalam pengukuran efisiensi yaitu pendekatan parametrik dan pendekatan non-parametrik (Mokhtar, dkk, 2009). Metode parametrik diukur dengan menggunakan *Stochastic Frontier Analysis* (Aigner *et al.* 1977). Sementara metode non-parametrik diukur menggunakan *Data Envelopment Analysis* (Charnes *et al.* 1978) dan *Free Disposal Hull* (Deprins *et al.* 1984). Penelitian ini menggunakan metode DEA dengan model *Variabel Return to Scale* dan *Constant Return to Scale* yang berorientasi output.

### **Data Envelopment Analysis (DEA)**

DEA adalah suatu metode non-parametrik untuk mengukur tingkat efisiensi dari setiap unit pengambilan keputusan atau *Decision-Making Unit* (DMU). DEA pertama kali diperkenalkan oleh Charnes, Cooper, dan Rhodes (CCR) dalam jurnalnya *European Journal of Operational Research* atau EJOR pada tahun 1978. Model pertama yang diperkenalkan oleh CCR menganut asumsi bahwa teknologi dianggap konstan maka asumsi yang dianut adalah *constant return to scale*, maka pada tahun 1984 Banker, Charnes, dan Choper (BCC) memperkenalkan model baru yang megasumsikan bahwa teknologi selalu berubah dan berkembang maka munculah model *variable return to scale* yang lebih fleksibel.

DEA merupakan suatu program yang dapat mencakup lebih dari satu input dan beberapa output tanpa harus menentukan bobot untuk setiap variabel sebelumnya. Fokus dari DEA adalah mengevaluasi kinerja dari DMU, setelah itu DMU yang efisien akan membentuk garis frontier. DEA memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan. Beberapa diantaranya adalah:

#### Keunggulan

- a. Dapat menangani banyak input dan output
- b. Tidak membutuhkan asumsi hubungan antara variable input dan outputnya
- c. DMU dibandingkan dengan sesama DMU
- d. Untuk ukuran dari setiap DMU dapat berbeda – beda

#### Kelemahan

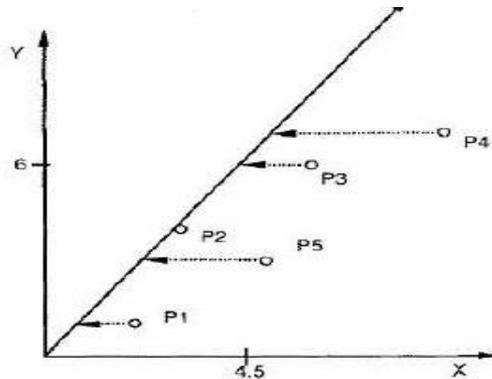
- a. Bersifat simple spesifik
- b. Merupakan extreme point technique sehingga jika terjadi kesalahan pengukuran dapat berakibat fatal

- c. Hanya mengukur produktifitas relative dari DMU bukan produktifitas absolut
- d. Untuk uji statistic DEA sangat sulit dilakukan

**Orientasi *Data Envelopment Analysis***

Orientasi dalam DEA yang digunakan dalam metodologi penelitian ini terdiri dari dua bagian:

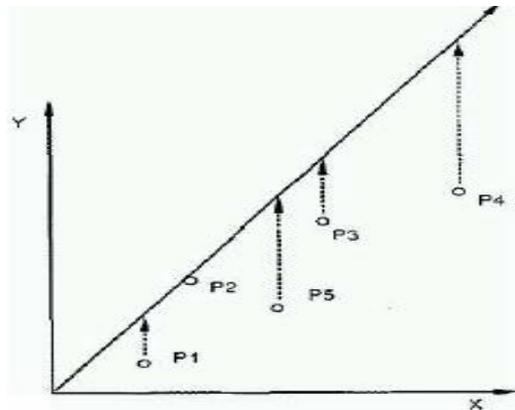
- 1. Orientasi input : Sudut pandang yang melihat efisiensi sebagai pengurangan penggunaan input meskipun output yang diproduksi berjumlah tetap



Gambar 2.

Proyeksi Frontier Orientasi Input Model CCR  
 Sumber: Cooper “*Data Envelopment Analysis: History, Model, & Intepretation*”. P. 16

- 2. Orientasi output : Sudut pandang yang melihat efisiensi sebagai peningkatan output secara proposional dengan menggunakan tingkat input yang sama.



**Gambar 3.**  
**Proyeksi Frontier Orientasi Output Model CCR**

Sumber: Cooper “Data Envelopment Analysis:  
History, Model, & Intepretation”. P.16

Perbedaan orientasi input dan output dalam model DEA hanya terletak pada ukuran yang digunakan dalam menentukan efisiensi, namun semua model apapun orientasinya akan tetap mengestimasi frontier yang sama.

**Metode penentuan sampel**

Penelitian ini dilakukan secara *purposive Sampling* artinya metode pemilihan sampel dipilih berdasarkan pertimbangan (*judgement sampling*) yang berarti pemilihan sampel secara tidak acak dan memenuhi kriteria tertentu. Kriteria sampel yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Unit pembuat keputusan atau DMU yang dipilih adalah negara negara anggota G20 yang mewakili sampel negara maju dan berkembang.
- b. Negara negara yang digunakan sebagai sampel penelitian telah meratifikasi kebijakan *Kyoto Protocol* sebagai salah satu kebijakan kelingkungan di negaranya.

Berdasarkan kriteria pemilihan sampel yang ditentukan, maka terpilih dua puluh negara yang merupakan negara – negara anggota G20 yang dijadikan sampel penelitian. meliputi Indonesia, Australia, Afrika selatan, Argentina, Amerika, Inggris, Arab Saudi, Uni Eropa, Brazil, China, India, Italia, Jepang, Jerman, Kanada, Korea, Prancis, Meksiko, Turki, Rusia. Dua puluh negara tersebut telah meratifikasi kebijakan *Kyoto Protocol* dan mulai memberlakukan kebijakan tersebut pada tahun yang berbeda beda, sehingga penulis mengerucutkan penelitian pada tahun 2004 – 2010 .

**Model Analisis Efisiensi yang Digunakan.**

Untuk melihat skor efisiensi dari negara G-20 variabel input *capital stock* dengan *stock traded* dengan asumsi bahwa *stock traded* menggambarkan tingkat investasi, yang juga berarti salah satu komponen yang membangun *capital stock*. Maka model persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Model efisiensi lingkungan dari adanya *energy utilization* dengan kebijakan *Kyoto protocol* (3.1).

$$\begin{aligned}
\vec{D}_0^W(x^0, y^0, b^0; -g_x, g_y, -g_b) &= \text{Max}_{\beta \geq 0} \beta \\
\text{s.t. } (y^0 + \beta g_{y^0}) &\leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \quad (\text{output}) \\
(b^0 - \beta g_{b^0}) &= \sum_{j=1}^n \lambda_j b_j \quad (\text{CO}_2 \text{ emission}) \\
(x_i^0 - \beta g_{x_i^0}) &\geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \quad (i = \text{Stock traded, labor, energy consumption}) \\
\sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1; \lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad \dots\dots\dots 3.1
\end{aligned}$$

2. Model efisiensi lingkungan dari adanya *energy utilization* tanpa ada kebijakan *Kyoto protocol* (3.2).

$$\begin{aligned}
\vec{D}_0^S(x^0, y^0, b^0; -g_x, g_y, -g_b) &= \text{Max}_{\gamma \geq 0} \gamma \\
\text{s.t. } (y^0 + \gamma g_{y^0}) &\leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \quad (\text{output}) \\
(b^0 - \gamma g_{b^0}) &\geq \sum_{j=1}^n \lambda_j b_j \quad (i = \text{Stock traded, labor, energy consumption}) \\
(x_i^0 - \gamma g_{x_i^0}) &\geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \quad (i = \text{capital, labor, energy}) \\
\sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1; \lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad \dots\dots\dots 3.2
\end{aligned}$$

Dimana: vector  $\lambda$  = bobot DMU

$x$  = input dari DMU

$y$  = good output dari DMU

$b$  = bad output dari DMU

$j$  = tahun ke- $n$

$g_x, g_y, g_b$  = direction vector yang mengindikasikan peningkatan atau penurunan dari fungsi.

$\beta^*$  = *optimal value* atau nilai inefisiensi lingkungan, semakin besar  $\beta^*$  semakin rendah efisiensi dari setiap DMU. *Vice versa*. Ketika  $\beta^* = 0$  maka DMU berada tepat pada garis frontier.

Setelah diketahui skor efisiensi lingkungan dari penerapan kebijakan *Kyoto protocol* dan jika tidak ada *Kyoto protocol* maka dapat dihitung berapa *efficiency loss* yang terjadi jika tidak ada penerapan *Kyoto protocol*. Dari skor efisiensi pula dapat dihitung biaya estimasi penerapan kebijakan *Kyoto protocol*. Kemudian dilakukan penghitungan biaya estimasi penerapan kebijakan *Kyoto protocol* di setiap negara G20.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

*Kyoto Protocol Policy* mulai diratifikasi pada tahun 1997. Negara yang dijadikan sampel penelitian mulai memberlakukan kebijakan *Kyoto Protocol* pada tahun 1997. Sehingga untuk melihat *efficiency loss* jika tidak ada kebijakan *Kyoto protocol* dilakukan dengan mengamati nilai efisiensi negara negara G20 pada saat jika tidak ada kebijakan *Kyoto Protocol*

Tabel 2  
Skor Efisiensi Lingkungan Jika *Kyoto protocol* Tidak Diberlakukan

Negara	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Rata rata
Argentina	100%	74.4%	100%	100%	100%	100%	100%	96.34%
Australia	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Brazil	62.4%	75.4%	80.7%	85.4%	60.5%	59.4%	66.8%	70.09%
Canada	100%	100%	100%	100%	86.3%	87.5%	93.4%	95.31%
China	100%	100%	100%	100%	100%	95.7%	100%	99.39%
Uni Eropa	84.7%	84.8%	84.7%	85.5%	84.4%	84.2%	83.7%	84.57%
Prancis	100%	100%	99.6%	100%	100%	100%	98.6%	99.74%
Jerman	97.1%	98.2%	93%	100%	93.4%	93.5%	93.8%	95.57%
India	81.2%	81.2%	81.9%	91.7%	95.9%	91.1%	96.7%	88.53%
Indonesia	78.7%	84.9%	72.1%	79.5%	85.1%	86.3%	81%	81.09%
Italia	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Jepang	98%	93.1%	87%	85.7%	87%	90.6%	97.3%	89.81%
Korea Selatan	76.2%	68.8%	70.5%	73.1%	70.7%	66.5%	75.2%	71.57%
Meksiko	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rusia	100%	100%	100%	100%	100%	100%	96%	99.43%

Saudi Arabia	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Afrika Selatan	97.3%	100%	100%	100%	100%	93.9%	97.7%	98.41%
Turki	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Inggris	100%	100%	100%	100%	98.6%	94.1%	97.7%	98.63%
Amerika	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rata-rata	93.8%	93%	93.5%	95%	93.1%	92.1%	96.3%	93.83%

Sumber: Hasil Olahan Penulis, (2014)

Dari tabel skor efisiensi di atas dapat dilihat bahwa beberapa negara seperti Australia, Italia, Meksiko, Arab Saudi, Turki, serta Amerika menjadi negara *Decision Making Unit* (DMU) mempunyai skor efisiensi 100% pada tahun 2004 – 2010. Hal ini menunjukkan bahwa negara – negara tersebut yang menjadi sampel dalam penelitian ini telah berproduksi secara efisien meskipun tidak ada kebijakan *Kyoto protocol*. Yang berarti dalam proses peningkatan GDP, DMU telah secara efisien mengontrol tingkat produksi CO<sub>2</sub> sehingga efisiensi lingkungan telah tercapai meskipun tanpa adanya *Kyoto protocol*.

#### **Nilai Efisiensi Lingkungan Negara – Negara G20 Pada Saat Pelaksanaan *Kyoto protocol***

Kebijakan *Kyoto protocol* mulai diratifikasi dan diterapkan pada tahun 1997, untuk mengetahui tingkat *efficiency loss* jika tidak ada kebijakan *Kyoto protocol* maka perlu pula untuk menghitung nilai efisiensi selama *Kyoto protocol* diberlakukan. Sehingga dapat diketahui tingkat efisiensi lingkungan yang hilang jika kebijakan lingkungan tidak diterapkan dalam upaya proteksi terhadap lingkungan dari adanya *energy utilization*.

Tabel 3  
Skor Efisiensi Lingkungan Pada Saat Pelaksanaan *Kyoto protocol*

Negara	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Rata-rata
Argentina	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Australia	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Brazil	77.9%	88.1%	96.4%	99.6%	71.1%	69.4%	81.3%	83.49%
Canada	100%	100%	100%	100%	100%	96.2%	97.8%	99.14%
China	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Uni Eropa	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Prancis	100%	100%	99.8%	100%	100%	100%	100%	99.97%
Jerman	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
India	81.4%	81.2%	81.9%	97.7%	98.1%	100%	100%	91.47%
Indonesia	90.9%	100%	100%	83.7%	86.2%	88.9%	89.8%	91.36%
Italia	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Jepang	100%	100%	98%	98.9%	99.7%	100%	100%	99.51%
Korea Selatan	82%	76.1%	78.4%	80%	79%	76.7%	82%	78.17%
Meksiko	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rusia	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Saudi Arabia	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Afrika Selatan	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Turki	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Inggris	100%	100%	100%	100%	100%	96.7%	99.5%	99.46%
Amerika	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rata-rata	96.6%	97.3%	97.7%	98%	96.7%	96.4%	97.5%	97.13%

Sumber: Hasil Olahan Penulis, (2014)

Dari tabel skor efisiensi dapat dilihat bahwa nilai efisiensi lingkungan pada saat pelaksanaan *Kyoto protocol* meningkat secara signifikan, artinya dengan diterapkannya *Kyoto protocol* sudah benar karena skor efisiensi lingkungan yang ditunjukkan selama 2004 – 2010 sangat baik daripada jika tidak ada *Kyoto protocol* sebagai kebijakan yang mengontrol tingkat polusi di negara-negara G20. Indonesia sendiri sebagai negara yang sedang mengalami *massivenya* pertumbuhan ekonomi berada dalam posisi ke tujuh dengan estimasi biaya penerapan kebijakan sebesar lebih dari \$45 miliar dari rata-rata total GDP selama tahun 2004-2010 untuk mengurangi tingkat inefisiensi sebesar rata-rata 10.27%/tahun., begitu pula dengan negara lainnya, dengan rata-rata biaya penerapan kebijakan lebih dari \$4 miliar setiap negara mampu menurunkan tingkat inefisiensi lingkungan mereka dibandingkan dengan jika tidak ada kebijakan *Kyoto protocol*.

Tabel 4  
Skor Inefisiensi dan Estimasi *Efficiency Loss*

Negara	$\gamma^*$	$\beta^*$	<i>Efficiency loss</i>
Argentina	0.0366	0	0.0366
Australia	0	0	0
Brazil	0.2991	0.1651	0.134
Canada	0.0469	0.0086	0.0383
China	0.0061	0	0.0061
Uni Eropa	0.1593	0	0.1593
Prancis	0.0026	0.0003	0.0023
Jerman	0.0443	0	0.0443
India	0.1147	0.0853	0.0294
Indonesia	0.1891	0.0864	0.1027
Italia	0	0	0
Jepang	0.1019	0.0049	0.097
Korea Selatan	0.2843	0.2183	0.066
Meksiko	0	0	0
Rusia	0.0057	0	0.0057
Arab Saudi	0	0	0
Afrika Selatan	0.0159	0	0.0159
Turki	0	0	0
Inggris	0.0137	0.0054	0.0083
Amerika	0	0	0
Rata-rata	0.06601	0.028715	0.037295

Sumber: Hasil Olahan Penulis, (2014)

Dari tabel skor inefisiensi dapat dilihat bahwa enam DMU dengan *efficiency loss* sebesar 0% yaitu Australia, Italia, Meksiko, Arab Saudi, Turki, Amerika, yang beroperasi secara efisien pada saat pelaksanaan kebijakan *Kyoto protocol* maupun jika tidak ada kebijakan tersebut. Hal ini mengitepretasikan dengan atau tanpa kebijakan negara – negara tersebut selalu terdapat pada *production frontier*.

Dapat dilihat bahwa Skor *efficiency loss* terbesar jika tidak ada *Kyoto protocol* terjadi pada Uni Eropa, Uni Eropa mengalami penambahan tingkat inefisiensi lingkungan sebesar 15.93% jika seandainya Uni Eropa tidak menerapkan kebijakan *Kyoto protocol*. Dengan ikut dalam perjanjian *Kyoto protocol* maka otomatis selama tahun 2004 – 2010 Uni Eropa mampu mengurangi inefisiensi lingkungan ya sampai angka nol, hal ini berarti bahwa Uni Eropa mampu membawa tingkat efisiensi lingkungan di Uni Eropa kekeadaan *full efficiency* yang artinya Uni Eropa mampu menekan tingkat pertumbuhan *bad output* mereka, namun Uni Eropa tetap dapat meningkatkan tingkat GDP (*good output*). Negara lain yang berhasil mengurangi tingkat inefisiensi lingkungan hingga angka 0% saat diberlakukan *Kyoto protocol* dan memaksimalkan efisiensi lingkungan yaitu Argentina, China, German, Rusia, dan Afrika Selatan.

Hasil ini selaras dengan penelitian Yang dan Wang (2013) yang menyatakan bahwa dengan dua scenario yaitu efisiensi ketika ada kebijakan dan jika tidak ada kebijakan lingkungan, dengan adanya kebijakan lingkungan proses *energy utilization* yang bertujuan untuk memaksimalkan produksi *good output* akan secara otomatis menekan laju pertumbuhan *bad output* sehingga emisi dapat dikontrol dengan konsekuensi akan mengurangi kapasitas produksi karena adanya biaya penerapan kebijakan.

## SIMPULAN

Simpulan yang bisa diambil dari dua skenario yaitu yang pertama, ketika ada *Kyoto Protocol* dan yang kedua, jika tanpa *Kyoto protocol* dengan asumsi CRS yang menggambarkan keadaan dimana teknologi dianggap tetap dan VRS dimana teknologi dianggap dinamis adalah sebagai berikut:

- a. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2004 – 2010 pada model skenario jika tidak ada *Kyoto protocol* enam dari dua puluh negara yang diteliti memiliki skor efisiensi lingkungan 100%, dan sebagian besar negara lainnya tidak mencapai skor efisiensi lingkungan hingga 100%. Yang berarti bahwa jika tidak ada kebijakan *Kyoto protocol* sebagian besar anggota negara G20 tidak dapat menekan laju pertumbuhan produksi emisi mereka yang dapat menyebabkan degradasi lingkungan dan pertumbuhan ekonomi yang tidak sesuai dengan konsep green economy dan sustainability. Serta peningkatan produksi *good output* yang disertai pertumbuhan produksi emisi tidak dapat dikontrol karena tidak adanya *environmental policy* yang bertindak sebagai *controller*.
- b. Simpulan dari skenario model kedua yaitu saat kebijakan *Kyoto protocol* berlangsung pada periode yang sama tahun 2004 – 2010, dua belas dari dua puluh negara G20 yang diteliti mencapai angka 100% pada skor efisiensi

lingkungan, dan sebagian negara lainya mengalami peningkatan efisiensi lingkungan daripada ketika tidak ada *Kyoto protocol* sebagai *controller* dari laju pertumbuhan produksi emisi. Hal ini mengindikasikan bahwa *Kyoto protocol* sebagai *environmental policy* yang bersifat mengendalikan pertumbuhan emisi sangat berperan penting, karena dengan adanya *environmental policy* emisi tidak bebas diproduksi (dikendalikan). Dengan adanya *Kyoto protocol* sebagai pengendali pertumbuhan emisi maka akan berdampak secara langsung pada pengurangan *good output*. *Good output* atau GDP yang hilang yang dikarenakan penerapan *environmental policy* inilah yang disebut biaya kebijakan. Dari perhitungan dua scenario model di atas dapat diketahui berapa biaya yang dikeluarkan oleh setiap negara G20 untuk mengontrol pertumbuhan produksi emisi di negara mereka.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alzubaidi, Haider&SpirosBougheas. 2011. The Impact of the Global Financial Crisis on European Banking Efficiency. *Working Paper 12/05 GEP, CFCM, School of Economics, University of Nottingham and CES-ifo*.
- Banker, R. D., A. Charnes, and W. W. Cooper. 1984. "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science* 30:9 (September) 1078–92.
- Cainelli, G et al. (2008). *The Relationship Between Environmental Efficiency and Manufacturing Firms's Growth*. Climate Change Modelling and Policy Working Paper. University of Ferrara. Milan.
- Caves, D., et al. 1982. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica*, 50:73–86.
- Chambers, R. G. R. Fare, S. Grosskopf. 1996. Productivity growth in APE countries, *Pacific Economic Review* 1 (3) ;181–190.
- Chambers, R. G., Y. Chung, and R. Fare .1996. "Benefit and Distance Functions," *Journal of Economic Theory* 70 (August 1996) 407–19.
- Charnes, A., Cooper, W., and Rhodes, E. 1978. Measuring The Efficiency of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2:429–444.
- Coelli, T., D. S. P. Rao, and G. Battese. 1998. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Corrado, C., Hulten, C., and Sichel, D. (2009). Intangible Capital and U.S. Economic Growth. *Review of Income & Wealth*, 55:661-685.
- Debreu, G. 1951. "The Coefficient of Resource Utilization," *Econometrica* 19:3 (July) 273–92.

- Deprins, D., *et al.* (1984). Measuring Labor Efficiency in Post Offices, in: Marchand, M., Pestieau, P. and Tulkens, H. (eds.), *The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurement*, Elsevier, Amsterdam, 243–267.
- Fare, R., S. Grosskopf, and D. Tyteca. 1996. “An Activity Analysis Model of The Environmental Performance of Firms - Application to Fossil Fuel Fired Electric Utilities”. *Ecological Economics* 18, 161-175.
- Fare, R. and Grosskopf, S. 2004. Modelling Undesirable Factors in Efficiency Valuation: A Comment. *European Journal of Operational Research*, 157:242–245.
- Fare, R., S. Grosskopf, C. A. K. Lovell, and C. Pasurka. 1989. “Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs Are Undesirable: A Non-parametric Approach,” *Review of Economics and Statistics* 71:1 (February) 90-8.
- Fare, R., S. Grosskopf, M. Norris, and Z. Zhang. 1994. “Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries,” *American Economic Review* 84, 66–83.
- Farrell, M. J. 1957. “The Measurement of Technical Efficiency,” *Journal of the Royal Statistical Society Series A, General*, 120, Part 3, 253–81.
- Fung, M.K., 2009. Financial development and economic growth: convergence or Divergence? *Journal of International Money and Finance* 28, 56–67
- Halkos, E George. Nickolaos G. (2013). Carbon Dioxide Emissions and Governance: A Nonparametric Analysis for The G–20. *Energy Economics*, 40:110 – 118.
- Koopmans, T. C. 1951. “An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities,” in T. C. Koopmans, ed., *Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No. 13*. New York: Wiley.
- Peroni, C. 2012. Environmental Efficiency Indices: Towards a New Approach to Green – Growth Accounting. *Economie et Statistique, Working Paper du STATEC N 61*, Ministre de l’économie e du commerce extérieur du Grand-Duch de Luxembourg.
- Peroni, C. 2012. Productivity and competitiveness in luxembourg; productivity & the crisis. *Perspectives de Politique Economique*, N 18, Ministre de l’économie e du commerce extérieur du Grand-Duch de Luxembourg.
- Picazo-Tadeo A.J., *et al.* 2005. Directional distance function and environmental regulation, *Resource and Energy Economics* 27 (2); 131–142.
- Qi, Peng *et al.* 2011. Energy Utilization, Environmental Quality and Sustainable Economic Development: Evidence from Shandong Povice in China. *Energy Procedia* (5), 314 – 321.

- Ray, C Subhas. 2004. *Data Envelopment Analysis Theory and Techniques for Economics and Operation Research*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Welch, W Eric., Darold T. B. 2009. Joint Environmental and Cost Efficiency Analysis of The Electricity Production Industry: Applying the Materials Balance Condition. *GCP – 09 – 03*. College of Urban Planning and Public Affairs. University of Illinois. Chichago.
- Yang, Li and Ke-Liang Wang. 2013. Regional Differences of environmental Efficiency of China's Energy Utilization and Environmental Regulation Cost Based on Provincial Panel Data and DEA Method. *Mathematical and Computer Modelling* (58), 1074 – 1083.
- Yusgiatoro, Purnomo. 2000. *Ekonomi Energi Teori dan Praktek*. Jakarta. Pustaka LP3ES
- Zhou, P., Ang, B., and Poh, K. 2010. Total Factor Carbon Emission Performance: A Malmquist Index Analysis. *Energy Economics*, 32:194–201.