



ENVIRONMENTAL TECHNICAL EFFICIENCY MEASUREMENT OF PROCESSING INDUSTRY IN EAST JAVA IN 2006-2009

Ratih Twi Septiriana*¹
Deni Kusumawardani² 

^{1,2}Departemen Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Airlangga, Indonesia

ABSTRACT

CO₂ emission is the greatest source of global warming that pose serious threats on environment, ecology and socio-economic system. In the production process, CO₂ is considered as undesirable output that always rises as long as desirable output is produced. Indonesia, as the one of the biggest emitter of CO₂ emission, has been committing in reducing emission up to 26 percent for 2020. Using panel data, stochastic frontier analysis (SFA) utilized to evaluate the environmental technical efficiency of manufacturing industry in Java on 2006-2009. The trans-log hyperbolic distance function has been chosen since this model can accommodate environmental characteristic of production technology. The empirical result shows the average environmental technical efficiency is 0,834. This study also investigates the factors that explain the level of environmental technical efficiency of firm. The results reveal that there are seven factors that significantly affect environmental technical efficiency namely: firm size, ownership status and foreign investment, type of industry, composition effect, scale effect, and technical effect. The finding of this paper indicate that environmental technical efficiency among manufacturing industry in Java still can be improved by focusing on those seven factor.

Keywords: Manufacturing Industry, Environmental Technical Efficiency, Stochastic Frontier Analysis, Trans-Log Hyperbolic Distance Function.

ABSTRAK

Emisi CO₂ adalah sumber terbesar pemanasan global yang menimbulkan ancaman serius terhadap lingkungan, ekologi dan sistem sosial ekonomi. Dalam proses produksi, CO₂ dianggap sebagai output yang tidak diinginkan dan selalu naik selama proses produksi. Indonesia sebagai salah satu negara penghasil emisi CO₂ terbesar telah berkomitmen menurunkan emisi hingga 26 persen di tahun 2020. Dengan menggunakan data panel, Stochastic Frontier Analysis (SFA) digunakan untuk mengevaluasi efisiensi teknis lingkungan industri manufaktur di Jawa pada tahun 2006-2009. Fungsi jarak hiperbolik trans-log dipilih karena model ini dapat mengakomodasi karakteristik lingkungan dari teknologi produksi. Hasil empiris menunjukkan rata-rata efisiensi teknis lingkungan sebesar 0,834. Studi ini juga menyelidiki faktor-faktor yang menjelaskan tingkat efisiensi teknis lingkungan perusahaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada tujuh faktor yang secara signifikan mempengaruhi efisiensi teknis lingkungan yaitu: ukuran perusahaan, status kepemilikan dan investasi asing, jenis industri, efek komposisi, efek skala, dan efek teknis. Temuan makalah ini menunjukkan bahwa efisiensi teknis lingkungan pada industri manufaktur di Jawa masih dapat ditingkatkan dengan memperhatikan ketujuh faktor tersebut.

Kata Kunci: Industri Manufaktur, Efisiensi Teknis Lingkungan, Analisis Perbatasan Stokastik, Fungsi Jarak Hiperbolik Trans-Log.

JEL: L60; Q00; O18

JIET (Jurnal Ilmu Ekonomi Terapan) p-ISSN: 2541-1470; e-ISSN: 2528-1879

DOI: 10.20473/jiet.v1i1.1843

Open access under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International

(CC BY-SA)



RIWAYAT ARTIKEL

Tanggal Masuk:

02 April 2016

Tanggal Direvisi:

26 Mei 2016

Tanggal Diterima:

02 Juni 2016

Tersedia Online:

25 Juni 2016

*Korespondensi:

Ratih Twi Septiriana

E-mail:

ratihtwi@gmail.com

Pendahuluan

Sebagai negara berkembang dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang tinggi serta jumlah penduduk yang besar, Indonesia menjadi penyumbang emisi CO₂ terbesar ke-12 di dunia pada tahun 2009 (World Bank, 2013). Menyadari hal itu, pemerintah Indonesia dalam konferensi perubahan iklim Kopenhagen di Denmark, telah berkomitmen untuk mengurangi emisinya hingga 26 persen pada tahun 2020. Bentuk realisasi komitmen tersebut adalah rencana pemberlakuan kebijakan pengurangan emisi yang tercantum dalam *Economic and Fiscal Policy Strategies for Climate Change Mitigation in Indonesia* yang dirilis oleh Kementerian Keuangan atau yang lebih dikenal dengan sebutan *Ministry of Finance Green Paper* (Kementerian Keuangan, 2009).

Pemberlakuan kebijakan pengurangan emisi tentunya terkait erat dengan berbagai aspek, terutama sumber emisi itu sendiri. Seperti halnya negara-negara lain, besarnya jumlah emisi CO₂ di Indonesia bersumber dari penggunaan energi fosil oleh berbagai sektor ekonomi. Emisi CO₂ dari penggunaan energi di Indonesia memang bukanlah yang terbesar, namun pertumbuhannya sangat cepat sehingga jika dibiarkan tanpa pengawasan maka dalam beberapa dekade, dikhawatirkan akan melebihi emisi CO₂ dari alih fungsi lahan dan hutan yang saat ini mendominasi. Tingginya pertumbuhan emisi CO₂ di sektor energi tersebut sejalan dengan pertumbuhan ekonomi yang sebagian besar berasal dari kontribusi sektor industri (Kementerian Keuangan, 2009).

Pentingnya kontribusi *output* industri pengolahan dalam perekonomian dan tingginya potensi bahaya dari emisi CO₂ sebagai produk sampingan industri tersebut menimbulkan *trade off*. Sebisa mungkin baik pemerintah Indonesia berkomitmen untuk menurunkan tanpa harus mengorbankan laju perekonomian. Untuk memenuhi komitmen dan visi tersebut, baik pemerintah maupun para pelaku usaha akan berusaha mengoptimalkan *output* sementara emisi ditekan seminimal mungkin. Indikator yang tepat untuk menggambarkan tercapainya kondisi tersebut adalah efisiensi.

Efisiensi merupakan inti dari sebuah kebijakan. Seperti yang diungkapkan Coelli dkk. (2003, p.5) "*Efficiency is at the core of many of the standard responsibilities assign to regulators*". Namun demikian, pengukuran efisiensi secara konvensional tidak cukup mengakomodir dampak lingkungan suatu perusahaan. Berdasarkan pemikiran itulah berkembang konsep efisiensi lingkungan atau secara lebih spesifik disebut efisiensi teknik lingkungan (*environmental technical efficiency*).

Berbeda dengan ukuran efisiensi teknik pada umumnya, efisiensi teknik lingkungan (*environmental technical efficiency*) merupakan efisiensi teknik yang juga memperhitungkan eksternalitas negatif produksi pada lingkungan (*environmental effect*) baik sebagai *input* atau pun sebagai *output*, bergantung pada kasus eksternalitas serta pada pendekatan penelitian. Dengan demikian, terdapat dua jenis *output* pada industri pengolahan yaitu *desirable output* berupa produk industri dan *undesirable output* berupa emisi CO₂. Masing-masing *output* memiliki perlakuan yang berbeda dimana produsen akan berusaha memaksimalkan jumlah *desirable output* dan akan meminimumkan jumlah *undesirable output* (Färe dkk., 1989; Reinhard, 1999; Cuesta dkk., 2009).

Identifikasi mengenai faktor-faktor yang memengaruhi *environmental technical efficiency* juga penting dilakukan. Adanya informasi mengenai sumber inefisiensi akan membantu pengambil kebijakan atau produsen dalam menentukan langkah yang tepat untuk meningkatkan kinerja perusahaan.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengukuran efisiensi teknik lingkungan pada industri pengolahan di pulau Jawa pada tahun 2006-2009. Kedua untuk mengidentifikasi pengaruh faktor-faktor eksternal yang berpengaruh pada efisiensi teknik lingkungan di Pulau Jawa.

Pemilihan Pulau Jawa sebagai penelitian dikarenakan besarnya jumlah industri pengolahan di pulau tersebut dan ekspektasi arus industrialisasi di pulau tersebut yang akan terus mengalami peningkatan. Sementara itu, tahun 2006-2009 dipilih sebagai periode penelitian dengan mempertimbangkan ketersediaan data.

Tinjauan Pustaka

Teori Efisiensi

Teori Efisiensi Konvensional

Efisiensi secara harfiah berasal dari bahasa Inggris "*efficient*" yang berarti: 1) *able to work well*; 2) *producing good result* (Bull, 2008). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, efisiensi didefinisikan sebagai ketepatan cara (usaha/kerja) dalam menjalankan sesuatu dengan tidak membuang waktu, tenaga, atau biaya. Menurut perspektif ekonomi, secara umum efisiensi diartikan sebagai seberapa baik dan seberapa efektif suatu unit produksi (*firm*) mengalokasikan *input* yang tersedia untuk menghasilkan *output* (Graham, 2004; Coelli dkk., 2005; Fried dkk., 2008).

Farrel (1957) dalam Graham (2004) menyatakan bahwa efisiensi dari sebuah *firm* atau perusahaan terdiri dari dua komponen yaitu, efisiensi teknik (*technical efficiency*) dan efisiensi alokatif (*allocative efficiency*). Efisiensi teknik (*technical efficiency*) mengacu pada jumlah *output* yang mampu diproduksi dengan sejumlah *input* dan teknologi yang telah tersedia, sedangkan alokatif efisiensi (*allocative efficiency*) mengacu pada kemampuan dan keinginan suatu *firm* atau perusahaan untuk mencapai biaya minimum pada tingkat harga *input* tertentu melalui substitusi dan realokasi *input*. Jika kedua komponen tersebut digabung maka diperoleh efisiensi ekonomi total (*total economic efficiency*).

Teori Efisiensi Lingkungan

Seiring dengan meningkatnya kesadaran dunia global terhadap lingkungan, berkembang konsep efisiensi yang baru yaitu efisiensi lingkungan (Reinhard, 1999). Setiap aktivitas produksi memiliki dampak bagi lingkungan (eksternalitas), baik positif maupun negatif. Efisiensi lingkungan bertujuan untuk memperhitungkan dampak tersebut dan merangkingnya dalam satuan ekonomi berdasarkan tingkat efisiensinya. Graham (2004) menekankan bahwa efisiensi lingkungan merupakan bentuk efisiensi teknik (*technical efficiency*) yang memasukkan eksternalitas negatif proses produksi dalam penghitungan efisiensi, sehingga dapat disebut juga sebagai efisiensi teknik lingkungan (*environmental technical efficiency*).

Dampak negatif terhadap lingkungan atau eksternalitas negatif dari suatu proses produksi dapat dimasukkan ke dalam model dengan dua cara, yaitu sebagai *input* yang tidak diinginkan (*undesirable input*) (Pittman, 1981; Cropper & Oates, 1992; Reinhard, 1999 dalam Ramilan dkk., 2009) atau sebagai *output* yang tidak diinginkan (*undesirable output*) (Färe dkk., 1989; Färe dkk., 1996, Chung dkk., 1997, Cuesta dkk., 2009 dalam Ramilan dkk., 2009). Pemilihan perlakuan tersebut disesuaikan dengan kondisi objek penelitian. Sebagai contoh, Reinhard (1999) menyatakan bahwa alasannya memperlakukan eksternalitas negatif sebagai *input* adalah karena mereka dapat mengukur penggunaan *undesirable input* atau *environmentally detrimental input* (kelebihan aplikasi nitrogen sebagai pupuk) namun mereka tidak

mampu mengukur dampak negatif dalam lingkungan (*environmental repercussions*). Di sisi lain Cuesta dkk. (2009) memperhitungkan eksternalitas (emisi) sebagai *undesirable output* pada industri pembangkit listrik karena eksternalitas (emisi) tersebut dihasilkan oleh proses produksi sebagaimana *desirable output* (tenaga listrik) dihasilkan.

Teknologi Produksi Berbasis Lingkungan (*Environmental Production Technology*) dengan Emisi sebagai *Undesirable Output*

Untuk mengukur efisiensi, sangat penting untuk mengetahui bagaimana interaksi antara *input* dan *output*, atau lebih spesifik dikenal sebagai teknologi produksi. Fungsi produksi merupakan salah satu fungsi yang paling sederhana untuk menggambarkan teknologi produksi dengan satu *output*. Sementara itu untuk menggambarkan teknologi produksi dengan *multiple output* lebih sesuai menggunakan fungsi jarak (*distance function*) (Coelli dkk., 2005).

Pada teknologi produksi lingkungan yang memperhitungkan emisi (eksternalitas negatif) sebagai *ouput*, terdapat dua jenis *output* yang berbeda yaitu *desirable output* dan *undesirable output*. *Desirable output* merupakan produk yang sengaja diproduksi oleh unit produksi atau *firm* berupa barang dan jasa. *Undesirable output* merupakan eksternalitas negatif, dapat berupa emisi, yang dihasilkan selama proses produksi. Secara formal, teknologi produksi dapat ditulis sebagai persamaan sebagai berikut:

$$P(x) = \{(y,z): x \text{ dapat memproduksi } (y,z)\}, x \in \mathbf{R}_+^M \quad (1)$$

Di mana x adalah *input*, y merupakan *desirable output* dan z merupakan *undesirable output* (Färe dkk., 2007).

Teknologi produksi dengan *undesirable output* harus memenuhi asumsi *null jointness* dan *weak disposability*. Dua asumsi tersebut membantu untuk merepresentasikan teknologi produksi yang sebenarnya pada produksi yang memperhitungkan aspek lingkungan (Färe dkk., 2007).

Asumsi Null Jointness

Undesirable output seperti emisi dianggap sebagai produk sampingan hasil dari proses produksi utama yang ditujukan untuk menghasilkan *desirable output*. Baik *desirable output* maupun *undesirable output* dihasilkan secara bersamaan, sehingga kemungkinan untuk menghindari *undesirable output* bergantung pada keputusan untuk tidak memproduksi barang dan jasa, atau dengan kata lain *desirable output* tidak dapat diproduksi tanpa *undesirable output* (Manello, 2012; Chung & Färe, 1995), sehingga persamaan untuk kondisi tersebut adalah sebagai berikut:

$$(y,z) \in P(x) \text{ dan } z = \mathbf{0} \Rightarrow y = 0 \quad (2)$$

Persamaan tersebut merepresentasikan apa yang disebut asumsi *Null Jointness*.

Asumsi Weak Disposability

Asumsi yang menyatakan bahwa *undesirable output* dan *desirable output* dihasilkan secara bersamaan saja tidak cukup, karena sangat sulit bagi unit produksi untuk mengurangi jumlah *undesirable output*. Asumsi *free disposability*, berimplikasi bahwa pengurangan *undesirable output* tidak memerlukan biaya sama sekali. Kondisi tersebut tidak dapat merepresentasikan kenyataan pada kasus emisi. Pengurangan *undesirable output* seperti emisi memerlukan biaya khususnya dalam hal teknologi produksi, karena diperlukan perlengkapan dengan

teknologi yang berbeda atau jenis *input* yang lebih mahal (Manello, 2012). Biaya pengurangan *undesirable output* tersebut dalam ekonomi lingkungan disebut *abatement cost* (Field & Olewiler, 2002, p.91).

Pengukuran Efisiensi Lingkungan dengan Environmental Translog Hyperbolic Distance Function (ETHDF)

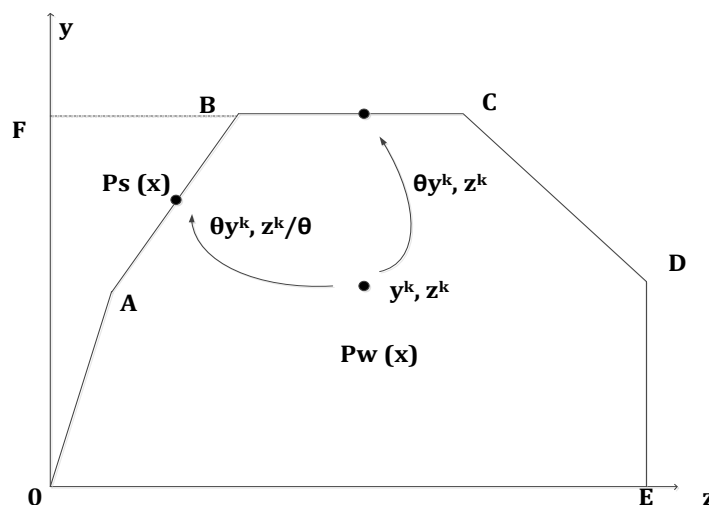
Hyperbolic Distance Function

Fungsi jarak atau *distance function* merupakan salah satu fungsi yang menggambarkan teknologi produksi dengan *multiple input* atau *multiple output* tanpa membutuhkan spesifikasi tujuan perilaku (*behavioral objective*). *Distance function* pertama kali diperkenalkan secara terpisah oleh Malmquist (1953) dan Shepard (1974). Fungsi ini merepresentasikan jarak dari nilai aktual produksi dengan nilai optimum produksi. Pada kasus *distance function* dengan pendekatan *output*, nilai optimum produksi direpresentasikan dengan kurva kemungkinan produksi (*Production Possibility Curve/PPC*) (Coelli & Perelman, 2005).

Misalkan suatu unit produksi memiliki *input* x dan menghasilkan *output* (y, z) , di mana y adalah *desirable output* dan z adalah *undesirable output*, maka teknologi produksi digambarkan sebagai persamaan (1). Berangkat dari teknologi produksi pada persamaan tersebut, maka *hyperbolic distance function* didefinisikan sebagai berikut:

$$D_H(x, y, z) = \inf\{\theta > 0; (x, y/\theta, z/\theta) \in P\} \quad (3)$$

Nilai *hyperbolic distance function* berkisar pada $0 < D_H(x, y, z) \leq 1$.



Sumber: Manello (2012)

Gambar 1: Hyperbolic Distance Function

Metode Penelitian

Model analisis untuk mengukur *environmental technical efficiency* pada penelitian ini adalah model *environmental translog hyperbolic distance function* (ETHDF) yang dikembangkan oleh Cuesta dkk. (2009). Model ETHDF dipilih karena beberapa alasan, yaitu:

1. *Distance function* mampu mengakomodir adanya *multiple output* dalam konteks efisiensi lingkungan yaitu *desirable output* dan *undesirable output*.
2. *Distance function* tidak memerlukan agregasi, harga dan *behavioral assumption* (Coelli dkk.,2005; Suta dkk.,2010)

3. *Hyperbolic Distance Function* mampu menggambarkan tujuan unit produksi, yaitu memperlakukan *undesirable output* dan *desirable output* secara asimetris, dimana *desirable output* dapat ditingkatkan sementara *undesirable* dapat dikurangi (Cuesta & Zofio., 2005; Cuesta dkk.,2009).
4. Pada *hyperbolic distance function*, *undesirable output* dikurangi dan *desirable output* ditambah secara *multiplicative*. Hal itu menjadikan *hyperbolic distance function* memenuhi *almost homogeneity property* sehingga lebih mudah diubah ke dalam bentuk *translog* (Cuesta dkk.,2009).
5. Bentuk fungsional *translog* dipilih karena dianggap memenuhi tiga kriteria; fleksibel, mudah dihitung, dan mengizinkan adanya *imposition* pada homogenitas (Coelli & Perelman, 1996; Reinhard dkk., 1999; Coelli dkk., 2005; Cuesta dkk.,2009; Suta dkk.,2010).

Kekurangan dari model *distance function* adalah tidak adanya dependen variabel, padahal pengaplikasian model pada SFA memerlukan adanya satu variabel dependen. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan mengacu pada sifat ETHDF yang mensyaratkan *almost homogeneous* pada (0, 1, -1, dan 1):

$$D_H(X, \lambda Y, \lambda^{-1} Z) = \lambda D_H(X, Y, Z) \tag{4}$$

Model ETHDF pada penelitian ini menggunakan satu *undesirable output* (Z), satu *desirable output* (Y), dan empat *input* (X) yang terdiri dari *capital* (K), *labor* (L), *energy* (E) dan *materials* (M). Perbedaan penelitian ini dengan penelitian Cuesta dkk. (2009) adalah tidak adanya *dummy* waktu. Maka model ETHDF secara formal adalah sebagai berikut:

$$\ln D_H = \left\{ \begin{array}{l} \alpha_0 + \alpha_y \ln Y_{it} + \frac{1}{2} \alpha_{yy} (\ln Y_{it}) (\ln Y_{it}) + \beta_z \ln Z_{it} + \\ \frac{1}{2} \beta_z (\ln Z_{it}) (\ln Z_{it}) + \sum_{x=1}^4 X_x \ln X_{it} + \\ \frac{1}{2} \sum_{x=1}^4 X_{xx} (\ln X_{it}) (\ln X_{it}) + \sum_{x=1}^4 \delta_{xy} \ln X_{it} \ln Y_{it} + \\ \sum_{x=1}^4 \delta_{xz} \ln X_{it} \ln Z_{it} + \delta_{yz} \ln Y_{it} \ln Z_{it} \\ + v_{it}, (i = 1, 2, \dots, N) \end{array} \right\} \tag{5}$$

Berdasarkan *almost homogeneity property*, variabel *desirable output* dipilih sebagai *normalizing output* sehingga $\lambda = 1/Y_{it}$, maka persamaan ETHDF menjadi:

$$-\ln Y_{it} = \left\{ \begin{array}{l} \alpha_0 + \beta_z \ln Z_{it}^* + \beta_z (\ln Z_{it}^*) (\ln Z_{it}^*) + \sum_{x=1}^4 X_x \ln X_{it} + \\ 12x = 14x = 14 X_{xx} (\ln X_{it}) (\ln X_{it}) + x = 14 \delta_{xz} \ln X_{it} \ln Z_{it}^* + v_{it} - u_{it} \end{array} \right\} \tag{6}$$

$, i = 1, 2, \dots, N$

di mana $Z_{it}^* = Z_{it}^* Y_{it}$. Sementara itu komponen *desirable output* Y_{it} berubah menjadi $Y_{it}^* = Y_{it} / Y_{it}$ dan bernilai 1, sehingga semua komponen persamaan yang mengandung $\ln Y_{it}^*$ bernilai 0 (nol). Dikarenakan $\ln Y_{it}$ telah menjadi variabel dependen, maka $\ln D_H$ berubah menjadi komponen *one sided error* u_{it} . Penelitian ini menggunakan dua alternatif model dengan asumsi yang berbeda yaitu:

1. Model 1 di mana $u_{it} \sim |N(0, \sigma_u^2)|$ diasumsikan memiliki *half normal distribution* dan *time-invariant inefficiency* sebagaimana penelitian Cuesta dkk. (2009).
2. Model 2 di mana $u_{it} \sim |N(0, \sigma_u^2)|$ diasumsikan memiliki *truncated normal distribution* dan *time-variant inefficiency* sebagaimana penelitian Battese & Coelli (1995).

Komponen v_{it} pada semua model merupakan *random error* yang memiliki *around zero distribution*, $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$. Keseluruhan data *input* dan *output* ditransformasikan ke dalam bentuk standarisasi (Cuesta dkk., 2009).

Nilai *Environmental Technical Efficiency* (ETE) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$ETE_{it} = \frac{Y_{it}}{Y_{it}^*} = \frac{f(x_{it}, \beta) \exp(v_{it} - u_{it})}{f(x_{it}, \beta) \exp(v_{it})} = \exp(-u_{it}) \quad (7)$$

di mana Y_{it} dalam rumus ini merupakan *output* aktual suatu perusahaan, dan Y_{it}^* merupakan *output* optimal dalam *frontier*. Bila mengacu pada hasil SFA maka *environmental technical efficiency* dapat diperoleh dari nilai eksponensial dari *one sided error*.

Selanjutnya adalah model mengenai efek inefisiensi teknik lingkungan (*environmental technical inefficiency effect*). Dalam model ini terdapat lima faktor yang memengaruhi *environmental technical inefficiency effect*, sebagaimana ditulis dalam persamaan berikut:

$$U_{it} = \delta_0 + \delta_1 D_Asing + \delta_2 D_Size + \delta_3 D_Owner + \delta_4 D_Type + \delta_5 COMP + \delta_6 SCALE + \delta_7 TECH \quad (8)$$

Di mana :

- U_{it} = *environmental technical inefficiency*
- D_Asing = Dummy ada tidaknya investasi asing (1= ada investasi asing, 0= tidak ada investasi asing)
- D_Size = *Dummy* ukuran perusahaan (1= skala industri besar dan 0 = skala industri sedang dan kecil)
- D_Owner = *Dummy* status kepemilikan perusahaan (1=BUMN/ milik pemerintah, 0= milik swasta)
- D_Type = *Dummy* jenis perusahaan (1=*processing*, 0=*assembly*)
- $COMP$ = *Composition effect* perusahaan dengan *capital-labor ratio* sebagai proksi.
- $SCALE$ = *Scale effect* perusahaan
- $TECH$ = *Technical effect* perusahaan dengan intensitas energi sebagai proksi.

Teknik Penghitungan Technical Environmental Efficiency

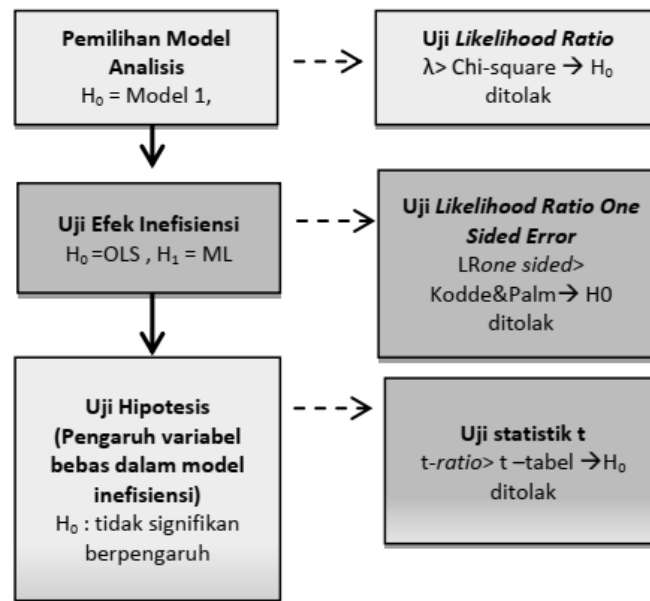
Penghitungan *technical environmental efficiency* pada penelitian ini menggunakan pendekatan parametrik dengan SFA (*Stochastic Frontier Analysis*). SFA awalnya dikembangkan oleh Aigner dkk. (1977) dan Meeusen & van den Broeck (1977), yang secara spesifik diperuntukkan bagi data *cross section*. Selanjutnya Battese & Coelli (1992) mengembangkan SFA yang dapat digunakan untuk data panel. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Frontier 4.1.

Langkah pertama adalah menentukan bentuk fungsional dari model yang akan dianalisis. Model yang digunakan adalah *hyperbolic distance function* sedangkan bentuk fungsional model adalah fungsi *translog (trancedential logarithma)* sebagaimana dilakukan pada penelitian Cuesta & Zofio (2005) dan Cuesta dkk. (2009).

Langkah selanjutnya adalah menentukan teknik estimasi SFA. Terdapat dua jenis teknik estimasi, yaitu *one step* dan *two step*. Teknik *one step* dilakukan dengan mengestimasi secara simultan model SFA dan model efisiensi teknik.

Tahap pertama dari estimasi model SFA *one step* adalah menentukan bentuk model analisis dengan asumsi yang sesuai, yaitu antara Model 1 dan Model 2. Untuk menentukan model mana yang dipilih, digunakan uji *Likelihood Ratio* (LR test). Nilai LR dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$\lambda = -2[\lambda(H_0) - \lambda(H_1)] \tag{9}$$



Gambar 2: Langkah-langkah Teknik Penghitungan Efisiensi One Step pada Metode Stochastic Frontier Analysis

Hasil dan Pembahasan

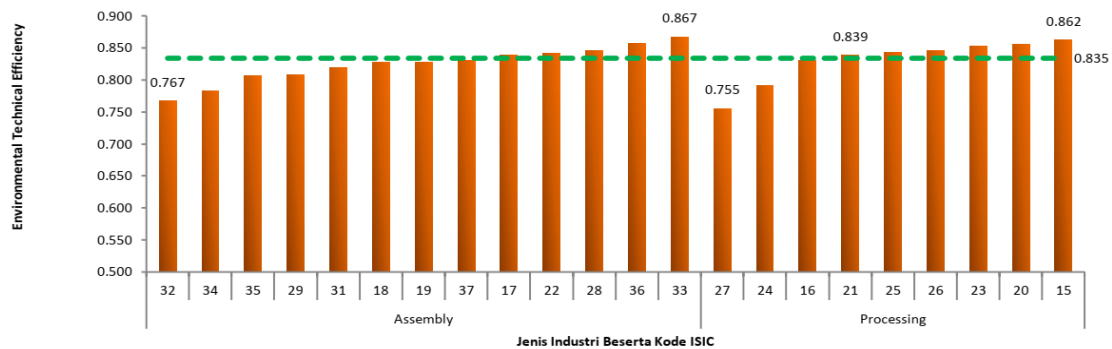
Nilai Efisiensi Teknik Lingkungan (Environmental Technical Efficiency)

Nilai *environmental technical efficiency* mencerminkan dua hal, yaitu kemampuan perusahaan dalam mengelola sumber daya (*input*) untuk menghasilkan *output* dan juga efisiensi dalam meminimumkan emisi proses produksi, yang dalam penelitian ini berupa emisi CO₂. Nilai *environmental technical efficiency* pada penelitian ini merupakan hasil estimasi dari model *environmental translog hyperbolic distance function* (ETHDF) Model 2. Nilai *environmental technical efficiency* tersebut diasumsikan bersifat *time-variant* artinya berubah dari waktu ke waktu. Nilai tersebut dapat diperoleh dari persamaan (7) dan dapat dilihat dengan mudah pada *output* perangkat lunak Frontier 4.1.

Nilai rata-rata efisiensi teknik lingkungan (*environmental technical efficiency*) industri pengolahan di Pulau Jawa tahun 2006-2009 adalah sebesar 0,834. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa secara umum industri pengolahan di Pulau Jawa dapat memperbaiki kinerja produksinya dengan meningkatkan produksi *desirable output* sebesar 19,9 persen (1/0,834=1,199), dan secara simultan menurunkan jumlah CO₂ sebagai *undesirable output* sebesar 16,6 persen (1-0,834= 0,166). Hal itu berarti bahwa pada tingkat rata-rata, industri pengolahan mampu meningkatkan jumlah *desirable output* berupa produk industri pengolahan dari Rp 722.227.089,00 menjadi Rp 865.950.280,00, dan mampu mengurangi *undesirable output* berupa CO₂ dari 21.221.711 ton menjadi 17.698.907 ton CO₂.

Berdasarkan Gambar 3, kelompok industri peralatan kedokteran, alat-alat ukur, peralatan navigasi, peralatan optik, jam dan lonceng (kode ISIC 33) tidak hanya memiliki nilai *environmental technical efficiency* tertinggi (0,867) dalam jenis industri *assembly*, namun juga tertinggi dari keseluruhan industri pengolahan. Hal itu sangat beralasan karena jenis industri ini merupakan jenis industri yang tidak membutuhkan pemakaian energi yang besar, sehingga emisi CO₂ yang dihasilkannya juga kecil. Sementara itu, nilai *environmental technical efficiency* yang terendah dalam jenis industri *assembly* adalah kelompok industri radio, televisi, dan

peralatan komunikasi, serta perlengkapannya (kode ISIC 32) dengan nilai 0,767. Meski industri tersebut memiliki nilai rata-rata *environmental technical efficiency* yang terendah namun sudah tergolong efisien (mendekati 1).



Sumber: Hasil olah Frontier 4.1

Gambar 3: Nilai Rata-rata *Environmental Technical Efficiency* Industri Pengolahan Tahun 2006-2009

Pada jenis industri *processing*, kelompok industri yang memiliki nilai rata-rata *environmental technical efficiency* tertinggi adalah kelompok industri makanan dan minuman (kode ISIC 15) dengan nilai 0,862 sedangkan yang terendah adalah kelompok industri logam dasar (kode ISIC 27) dengan nilai 0,755. Kelompok industri logam dasar tidak hanya terendah dalam jenis industri *processing* namun juga terendah dalam keseluruhan industri pengolahan.

Rendahnya nilai *environmental technical efficiency* pada industri logam dasar menunjukkan bahwa proses produksi pada industri logam dasar merupakan yang paling tidak ramah lingkungan diantara industri-industri pengolahan lain di Pulau Jawa. Menurut data dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, kebutuhan energi berupa bahan bakar pada industri ini memang tergolong tinggi dan terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun sejak tahun 2001 ([Tempo Interaktif, 2010](#)). Hal itu dapat menjadi pemicu besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan.

Salah satu industri logam dasar adalah industri baja. Industri baja merupakan salah satu industri yang cukup banyak menggunakan energi, baik listrik, gas alam, dan batu bara. Menurut *Indonesian Iron and Steel Industry Association- IISIA*, energi yang diperlukan pada tahap pembuatan baja antara 1.468 sampai 3.120 juta kalori per ton. Emisi CO₂ yang dihasilkan antara 0,43 sampai 0,9 ton setiap satu ton baja. Semakin besar energi yang digunakan, semakin besar emisi CO₂ yang dihasilkan. Hal ini juga berkaitan dengan teknologi proses produksi yang digunakan dan pemilihan bahan baku yang dipakai ([Tempo Interaktif, 2010](#)).

Pada tahun 2010, sebanyak 35 industri baja diikutsertakan dalam tahap pertama pelaksanaan Program Implementasi Konservasi Energi dan Pengurangan Emisi CO₂ di Sektor Industri. Program tersebut diselenggarakan oleh Kementerian Perindustrian-Kemenperin yang bekerjasama dengan sejumlah negara donor di bawah koordinasi *United Nations Development Program* (UNDP). Terdapat empat tahap pelaksanaan program, yaitu implementasi konservasi energi dan pengurangan emisi CO₂ di sektor industri, implementasi *eco-label*, promosi pengurangan CO₂, dan pembentukan *Energy Services Company-ESCO* ([Kemenperin, 2010a](#)). Pelaksanaan kebijakan tersebut telah sesuai mengingat rendahnya nilai *environmental technical efficiency* pada industri logam dasar, termasuk industri baja.

Selain industri baja, industri pulp & kertas (tergolong dalam ISIC 21) juga dijadikan fokus pemerintah pada tahap pertama pelaksanaan program implementasi konservasi energi

tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, tingkat *environmental technical efficiency* industri pulp dan kertas (ISIC 21) cukup baik, namun masih perlu ditingkatkan. Nilai rata-rata *environmental technical efficiency* industri ini sebesar 0,839 artinya nilai produk industri pulp dan kertas (*desirable output*) masih dapat ditingkatkan sebesar 19,2 persen ($1/0,839 = 1,192$) sedangkan emisi CO₂ (*undesirable output*) masih dapat diturunkan sebesar 16,1 persen ($1-0,839 = 1,161$) dari kondisi yang sekarang.

Ketua Asosiasi Pulp dan Kertas menyatakan bahwa kalangan industri bubur kertas (pulp) dan kertas sudah memulai usaha memenuhi persyaratan ramah lingkungan dengan menggunakan mesin dan peralatan hemat energi dan ramah lingkungan. Hal itu terkait dengan persaingan dalam bisnis kertas yang semakin ketat dan meningkatnya tuntutan memenuhi persyaratan ramah lingkungan. Tuntutan tersebut terutama berasal dari negara tujuan ekspor. Secara otomatis industri tersebut sangat memperhatikan hal ini karena hampir 50 persen pasar pulp dan kertas adalah ekspor (Tempo Interaktif, 2010).

Industri lain yang menjadi fokus pemerintah selanjutnya merupakan industri lahap energi yang mengkonsumsi energi lebih dari 6.000 TOE (*Ton Oil Equivalent*) dan menyerap 80 persen dari total energi sektor industri antara lain industri semen, industri tekstil, industri keramik, industri pupuk, industri petrokimia, industri makanan dan minuman tertentu (Kemenperin, 2010a). Sementara itu, industri yang tergolong industri *assembly* belum menjadi perhatian pemerintah disebabkan nilai pemakaian energi industri ini cenderung lebih rendah daripada kelompok industri *processing*.

Faktor-Faktor yang Memengaruhi Efisiensi Teknik Berbasis Lingkungan (*Environmental Technical Efficiency*)

Investasi Asing

Keberadaan investasi asing dalam perusahaan telah terbukti berpengaruh signifikan negatif terhadap *environmental technical efficiency*. Artinya, perusahaan dengan investasi asing justru memiliki *environmental technical efficiency* yang lebih rendah dibandingkan dengan perusahaan yang sama sekali tidak melibatkan investasi asing.

Hasil tersebut tidak sesuai dengan hasil dari beberapa penelitian sebelumnya, diantaranya Sun (2006) dan Khalifah & Talib (2008) yang membuktikan bahwa perusahaan dengan investasi asing memiliki efisiensi teknik yang lebih tinggi daripada perusahaan yang tidak memiliki investasi asing di dalamnya. Sun (2006) dan Khalifah & Talib (2008) menyatakan bahwa investasi asing memungkinkan adanya *share* ilmu pengetahuan, teknologi, dan kemampuan manajerial yang lebih baik sehingga mampu meningkatkan efisiensi teknik perusahaan. Namun demikian, kondisi tersebut mungkin hanya berlaku pada efisiensi teknik konvensional dan tidak berlaku pada *environmental technical efficiency*.

Telah dikemukakan sebelumnya bahwa *environmental technical efficiency* sangat berbeda dengan efisiensi teknik konvensional dimana *environmental technical efficiency* juga memperhitungkan kemampuan perusahaan dalam meminimumkan emisi sebagai *undesirable output*. Hasil uji statistik tersebut menunjukkan bahwa keberadaan investasi asing, terutama berupa investasi langsung dalam suatu perusahaan industri pengolahan di Pulau Jawa mungkin saja berhasil membawa perkembangan teknologi produksi dalam perusahaan dan meningkatkan kemampuan manajerial. Namun perkembangan teknologi produksi yang ada bukan merupakan teknologi produksi yang ramah lingkungan dan hanya berupa penambahan jumlah kapital, sehingga hasilnya hanya akan mampu mengoptimalkan jumlah *desirable*

output tanpa mampu meminimumkan jumlah *undesirable output*. Fakta tersebut sejalan dengan penelitian Lee (2013) yang menyatakan bahwa investasi asing langsung (*Foreign Direct Investment-FDI*) secara tidak langsung berpengaruh dalam meningkatkan emisi CO₂ melalui peningkatan pertumbuhan ekonomi.

Indonesia memang telah memiliki beberapa peraturan kebijakan yang berkaitan dengan dampak lingkungan dari suatu proses produksi, seperti halnya peraturan mengurangi limbah berbahaya dan beracun (B3) yang disepakati oleh Kementerian Perindustrian-Kemenerin dan Kementerian Lingkungan Hidup- MenLH (Tempo Interaktif, 2011) serta Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan-PROPER. Namun peraturan lingkungan yang ada belum terlalu mengikat dan menyentuh langsung aspek investasi asing, terutama investasi asing langsung (*foreign direct investment*). Kondisi kebijakan lingkungan yang lebih longgar daripada negara-negara maju memungkinkan perusahaan-perusahaan asing, terutama perusahaan yang memiliki intensitas polusi yang tinggi, lebih memilih untuk berinvestasi di Indonesia. Hal itu nampaknya sejalan dengan teori *pollution haven*, yang menyatakan bahwanegara-negara berkembang umumnya menerapkan kebijakan lingkungan yang longgar untuk menarik investasi asing, terutama investasi asing langsung (*foreign direct investment*) dalam rangka meningkatkan *ouput* dan meningkatkan lapangan kerja (Field & Olewiler, 2002, p.19).

Fakta yang jelas menunjukkan kondisi tersebut terjadi pada industri baja. Direktur Eksekutif *Indonesian Iron and Steel Industry Association* (IISIA) mengungkapkan bahwa saat ini banyak terjadi relokasi perusahaan baja asing ke Indonesia. Parahnya, perusahaan-perusahaan yang melakukan relokasi tersebut merupakan perusahaan yang terkena larangan beroperasi di negara asal karena tidak memenuhi ketentuan keamanan lingkungan (Tempo Interaktif, 2010).

Ukuran Perusahaan

Ukuran perusahaan dalam penelitian ini digolongkan menjadi dua, yaitu perusahaan yang tergolong industri besar dan perusahaan yang tergolong dalam industri sedang. Hasil estimasi menunjukkan bahwa perusahaan yang tergolong industri besar memiliki nilai *environmental technical efficiency* yang lebih tinggi daripada perusahaan yang tergolong dalam industri sedang.

Penelitian sebelumnya mengenai efisiensi teknik (konvensional) oleh Sun (2006), Margono & Sharma (2006) dan Khalifah & Talib (2008) menyatakan bahwa perusahaan kelompok industri besar memiliki tingkat efisiensi teknik (konvensional) yang lebih tinggi. Ketiga penelitian tersebut mengungkapkan bahwa perusahaan kelompok industri besar memiliki kekuatan pasar yang lebih besar sehingga memiliki daya tarik tinggi bagi investor. Perusahaan kelompok industri besar juga memiliki kemampuan lebih dalam mendayagunakan serta mengembangkan teknologi produksi. Hal itu membuat perusahaan kelompok industri besar memiliki kinerja yang lebih stabil, terutama dalam jangka panjang.

Rupanya kondisi tersebut tidak hanya berlaku pada efisiensi teknik konvensional saja melainkan berlaku juga pada *environmental technical efficiency*. Perusahaan kelompok industri besar tidak hanya mampu mengoptimalkan *desirable output*-nya tapi sekaligus mampu meminimumkan *undesirable output* berupa emisi CO₂. Wajar jika perusahaan industri besar lebih mampu meminimumkan emisi CO₂ mengingat dalam penelitian ini penggolongan perusahaan didasarkan pada jumlah tenaga kerja dan bukan berdasarkan besarnya *output* yang dihasilkan. Semakin besar pemakaian tenaga kerja semakin menunjukkan bahwa industri tersebut merupakan industri padat karya. Pemakaian energi pada industri padat karya lebih sedikit

bila dibandingkan energi padat modal sehingga emisi CO₂ yang dihasilkan juga lebih sedikit.

Status Kepemilikan

Hasil uji hipotesis menunjukkan bahwa status kepemilikan perusahaan, antara perusahaan milik pemerintah (BUMN) dan perusahaan milik swasta, memegang peranan yang signifikan dalam menentukan besarnya *environmental technical efficiency* perusahaan. Nilai koefisien yang bertanda negatif pada variabel ini memiliki arti bahwa perusahaan milik pemerintah (BUMN) memiliki nilai *environmental technical inefficiency* yang lebih rendah atau dengan kata lain memiliki nilai *environmental technical efficiency* yang lebih tinggi daripada perusahaan swasta.

Sun (2006) dalam penelitiannya menemukan bahwa perusahaan yang dimiliki pemerintah umumnya merupakan perusahaan yang memiliki skala produksi besar dan teknologi yang relatif lebih bagus daripada perusahaan milik swasta. Dengan kondisi perusahaan yang lebih stabil dan teknologi yang lebih bagus maka perusahaan lebih mudah dalam mencapai *output optimum* atau dengan kata lain lebih mudah mencapai efisiensi teknik.

Nampaknya hal yang dikemukakan Sun (2006) tersebut tidak hanya berlaku pada efisiensi teknik konvensional, melainkan juga pada *environmental technical efficiency* pada industri pengolahan di Pulau Jawa. Skala perusahaan yang lebih besar dan teknologi yang lebih bagus dapat menjadi salah satu faktor yang membuat *environmental technical efficiency* pada industri pengolahan milik pemerintah (BUMN) lebih tinggi daripada perusahaan swasta.

Hasil penelitian ini juga mengindikasikan bahwa industri pengolahan milik pemerintah (BUMN) yang ada di Pulau Jawa secara rata-rata memiliki kontrol yang lebih baik terhadap dampak lingkungan dari proses produksi. Hasil tersebut diperkuat dengan laporan hasil penilaian PROPER tahun 2008-2009. Dalam laporan tersebut, beberapa perusahaan BUMN yang tergolong dalam industri pengolahan di Pulau Jawa masuk ke dalam peringkat hijau dan biru yang berarti memiliki kinerja lingkungan yang cukup bagus. Perusahaan-perusahaan tersebut antara lain PT Semen Indonesia (dahulu PT. Semen Gresik) (Persero), PT Kimia Farma (Persero) Tbk., PT. Bio Farma (Persero), PT Krakatau Steel (Persero) Tbk., dan PT Semen Baturaja (Persero).

PROPER merupakan program pengawasan dan pemberian insentif/disinsentif bagi pelaku usaha terkait aspek pencegahan, penanggulangan, dan pemulihan pencemaran lingkungan. Program ini telah dilaksanakan sejak tahun 1996 oleh Kementerian ESDM. Secara umum peringkat kerja PROPER dibedakan menjadi lima warna, yaitu emas, hijau, biru, merah dan hitam. Emas mewakili kinerja terbaik dan dianugerahkan pada perusahaan yang menunjukkan keunggulan lingkungan (*environmental excellency*), sedangkan hitam mewakili kinerja terburuk dan diberikan pada perusahaan yang dengan sengaja melanggar peraturan atau perundang-undangan mengenai lingkungan hidup.

Jenis Perusahaan

Jenis perusahaan pengolahan yang digolongkan ke dalam dua kategori, pengolahan (*processing*) dan perakitan (*assembly*), terbukti signifikan berpengaruh terhadap *environmental technical inefficiency* dengan tanda koefisien positif. Dapat pula dikatakan bahwa jenis perusahaan memiliki peran terhadap besarnya nilai *environmental technical efficiency* dengan tanda negatif. Artinya bahwa jenis perusahaan *processing* (sebagai *dummy 1*) memiliki tingkat *environmental technical efficiency* yang lebih rendah daripada jenis perusahaan *assembly*.

Hasil tersebut sejalan dengan hipotesis awal penelitian yang didasarkan pada [World Bank \(1994\)](#). [World Bank \(1994\)](#) menyebutkan bahwa pada umumnya industri pengolahan yang termasuk dalam kelompok *processing* cenderung menghasilkan emisi yang lebih besar daripada industri pengolahan yang termasuk dalam kelompok *assembly*. Oleh sebab itu, [World Bank \(1994\)](#) merumuskan koefisien pengali emisi yang lebih besar pada kelompok industri *processing*. Perbedaan tersebut tentu berkaitan dengan proses produksi yang berbeda antara dua jenis kelompok industri tersebut. Perbedaan yang jelas terletak pada besarnya bahan bakar serta komposisi bahan bakar yang digunakan sehingga berdampak pada besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan.

Composition Effects

Hasil analisis menunjukkan bahwa *composition effect* terbukti signifikan berpengaruh secara parsial pada *environmental technical inefficiency*. Tanda positif pada koefisien variabel *composition effect* berarti bahwa semakin besar *composition effect* maka nilai *environmental technical inefficiency* juga semakin besar, atau sebaliknya semakin besar *composition effect* maka nilai *environmental technical efficiency* justru semakin menurun. *Composition effect* pada penelitian ini menggunakan *capital-labor ratio* sebagai proksi. Dengan demikian, semakin besar *composition effect* menunjukkan semakin besar kapital/modal yang digunakan suatu perusahaan (*capital intensive*). Artinya, perusahaan yang tergolong *capital intensive* memiliki *environmental technical efficiency* yang lebih rendah.

Pengaruh *composition effect* pada *environmental technical efficiency* dapat ditinjau dari dua komponen yaitu kemampuan perusahaan dalam meningkatkan efisiensi teknik dan dalam menurunkan emisi CO₂. Dari segi efisiensi teknik, seperti pendapat Green dan Mayes dalam [Khalifah & Talib \(2008\)](#) menjelaskan bahwa perusahaan yang bersifat padat modal memiliki kemungkinan besar mengalami *sunk cost*. *Sunk cost* yaitu biaya yang sekali dikeluarkan tidak dapat ditarik kembali, seperti pembelian mesin-mesin produksi ([Nicholson, 1997, p.323](#)). Semakin tinggi *sunk cost* menyebabkan perusahaan mengalami kesulitan dalam menyesuaikan perilaku saat terjadi perubahan permintaan dan perubahan teknologi, sehingga dapat menurunkan efisiensi teknik perusahaan.

Sementara itu terkait dengan emisi CO₂, sejalan dengan [Zugravu dkk. \(2008\)](#) yang menyatakan bahwa *composition effect* menjadi faktor yang memengaruhi besarnya emisi dari sektor industri. Semakin besar *composition effect*, maka semakin besar penggunaan barang-barang modal, seperti mesin dan peralatannya, yang secara otomatis meningkatkan penggunaan bahan bakar. Besarnya penggunaan bahan bakar yang tidak disertai dengan teknologi tinggi ramah lingkungan akan berdampak pada tingginya emisi CO₂. Hal itulah yang menyebabkan nilai *environmental technical efficiency* menurun.

Scale Effect

Pembuktian hipotesis menunjukkan bahwa *scale effect* berpengaruh signifikan secara parsial terhadap *environmental technical inefficiency*. Tanda positif pada variabel *scale effect* menunjukkan bahwa semakin besar *scale effect* maka nilai *environmental technical inefficiency* perusahaan akan semakin besar atau dengan kata lain nilai *environmental technical efficiency* semakin rendah. *Scale effect* pada penelitian ini menggunakan rasio antara *output* masing-masing perusahaan dengan total *output* seluruh perusahaan dalam ISIC (dua digit) yang sama per tahun. Variabel ini menunjukkan besarnya skala *output* industri, sehingga semakin besar *scale effect* juga berarti semakin besar *output* perusahaan. Adapun jenis *output* yang dimaksud dalam *scale effect* adalah *desirable output* berupa barang dan jasa industri

pengolahan.

Berdasarkan penelitian [Zugravu dkk. \(2008\)](#), [Gether dkk. \(2008\)](#) dan [Jena \(2009\)](#), *scale effect* berperan signifikan dalam meningkatkan emisi. Semakin besar *scale effect* semakin besar pula tingkat emisi yang dihasilkan perusahaan. *Scale effect* merepresentasikan besaran *output (desirable output)* sehingga hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pada industri pengolahan di Pulau Jawa, besarnya emisi CO₂ masih sejalan dengan besarnya *output (desirable output)* yang dihasilkan. Pemakaian mesin-mesin industri yang tidak ramah lingkungan untuk mendorong besarnya *desirable output* dapat menjadi penyebab utamanya, sehingga meski *desirable output* yang dihasilkannya tinggi namun *environmental technical efficiency*-nya rendah. Sekali lagi teknologi berperan penting dalam mengendalikan jumlah emisi industri.

Technique Effect

Hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa *technical effect* berpengaruh signifikan dan positif terhadap *environmental technical inefficiency*. Semakin besar *technical effect* maka nilai *environmental technical inefficiency* juga semakin meningkat, atau sebaliknya, semakin besar *technique effect* maka nilai *environmental technical efficiency* semakin menurun.

Pengaruh *technique effect* terhadap *environmental technical efficiency* dapat dijelaskan melalui hubungan antara *technique effect* dengan emisi CO₂. Sesuai dengan pendapat [Grossman & Krueger \(1995\)](#), *technique effect* menjadi salah satu faktor yang signifikan berpengaruh pada jumlah emisi. Meski menggunakan proksi yang berbeda untuk menjelaskan *technique effect*, [Jena \(2009\)](#) melalui penelitiannya mengkonfirmasi adanya pengaruh positif antara *technique effect* dengan emisi CO₂.

Penelitian ini menggunakan intensitas energi sebagai proksi dari *technique effect*. Semakin besar *technique effect* maka semakin besar konsumsi energi, dan semakin besar pula emisi CO₂ yang berasal dari penggunaan energi tersebut. Hal itu tentu akan mengarah pada penurunan *environmental technical efficiency* pada industri pengolahan di Pulau Jawa.

Ketergantungan industri pengolahan terhadap energi di Indonesia memang masih cukup tinggi dan terus mengalami peningkatan. Berdasarkan data [Kementerian ESDM \(2012\)](#), pemakaian energi akhir sektor industri pada tahun 2011 mencapai 359.686.797 BOE meningkat dari tahun 2009 yang hanya sebesar 297.271.113 BOE. Konsumsi energi pada sektor industri tersebut merupakan *share* pemakaian energi terbesar dibandingkan sektor lain, yaitu mencapai 42,91 persen pada tahun 2011. Kondisi tersebut diperparah dengan pemakaian bahan bakar fosil seperti batubara dan minyak bumi yang mendominasi konsumsi energi. Pemakaian batubara mencapai 18.9 persen sedangkan bahan bakar minyak (BBM) mencapai 47.6 persen dari total konsumsi energi nasional. Sementara itu pada sektor industri, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, telah terjadi peningkatan penggunaan batu bara disebabkan murahnya harga bahan bakar tersebut. Oleh karena itu, meski nilai rata-rata *environmental technical efficiency* pada industri pengolahan di Pulau Jawa telah cukup baik, namun peningkatan *environmental technical efficiency* masih perlu dilakukan. Upaya peningkatan tersebut hendaknya merujuk pada faktor-faktor yang telah dibahas, yaitu ukuran perusahaan, status kepemilikan, keberadaan investasi asing, *composition effect*, *scale effect* dan *technique effect*.

Dalam hal teknologi industri, pemerintah melalui Kementerian Perindustrian telah menjalankan sejumlah kebijakan. Selain program implementasi konservasi energi yang telah disebutkan sebelumnya, Kemenperin juga menjalankan program industri hijau, yaitu in-

dustri yang menerapkan teknologi ramah lingkungan. Sejak 2007, Kementerian Perindustrian memberikan insentif berupa potongan harga untuk membeli mesin baru di industri tekstil, alas kaki, dan gula melalui program restrukturisasi permesinan. Program itu diklaim mampu menghemat energi sebesar 25 persen dan peningkatan produktivitas sebesar 17 persen (Kemenperin, 2010b).

Selain kebijakan insentif, kebijakan penerapan pajak emisi perlu untuk direalisasikan. Menurut Joseph E. Stiglitz pajak merupakan merupakan kebijakan lingkungan yang lebih baik dari pada kebijakan insentif. Hal itu disebabkan efek inefisiensi yang ditimbulkan atas aplikasi kebijakan pajak lebih rendah daripada kebijakan insentif. Melalui penerapan pajak, pemerintah tidak perlu menyediakan anggaran dalam jumlah besar, seperti halnya pada pemberlakuan insentif/subsidi. Pajak sekaligus mampu menghasilkan dua keuntungan yaitu mengurangi emisi CO₂ dan menghasilkan pendapatan yang dapat dialokasikan ke sektor lain.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka simpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Tingkat efisiensi teknik lingkungan (*environmental technical efficiency*) pada industri pengolahan di Jawa Timur secara rata-rata cukup baik yaitu sebesar 0,83. Meski demikian masih perlu ditingkatkan terutama pada industri yang memiliki *environmental technical efficiency* rendah seperti industri logam dasar (kode ISIC 27) dan industri kelompok industri radio, televisi, dan peralatan komunikasi, serta perlengkapannya (kode ISIC 32)
- b. Faktor-faktor yang terbukti berpengaruh signifikan positif terhadap *environmental technical efficiency* pada industri industri pengolahan di Pulau Jawa adalah ukuran perusahaan dan status kepemilikan. Artinya bahwa perusahaan industri besar memiliki *environmental technical efficiency* yang lebih tinggi daripada perusahaan industri sedang, sedangkan perusahaan milik pemerintah (BUMN) memiliki *environmental technical efficiency* yang lebih tinggi daripada perusahaan milik swasta.
- c. Faktor-faktor yang terbukti berpengaruh signifikan negatif terhadap *environmental technical efficiency* terdiri dari: keberadaan investasi asing, jenis perusahaan (*processing* atau *assembly*), *composition effect*, *scale effect* dan *technical effect*. Perusahaan dengan investasi asing justru memiliki *environmental technical efficiency* yang lebih rendah daripada perusahaan domestik. Jenis industri *processing* juga memiliki nilai *environmental technical efficiency* yang lebih rendah daripada jenis industri *assembly*. Sementara itu, semakin besar *composition effect*, *scale effect*, dan *technique effect*, maka nilai *environmental technical efficiency* suatu perusahaan akan semakin rendah.

Daftar Pustaka

- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, 6(1), 21-37.
- Battese, G.E. & Coelli, T.J. (1995). A Model for technical Inefficiency Effects in Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. *Empirical Economics*, 20(2), 325-332. doi:10.1007/bf01205442
- Bull, Victoria (Ed). (2008). *Oxford Learner's Pocket Dictionary*. Oxford University Press.
- Chung, Y. H., Färe, R., & Grosskopf, S. (1997). Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach. *Journal of Environmental Management*, 51(3), 229-240.

- Coelli, T. J. (1996). A Guide to Frontier Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation. *CEPA Working Paper No. 07/96*. University of New England.
- Coelli, T. J. & Perelman, S. (2005). *Efficiency Measurement, Multiple-Output Technologies and Distance Functions: With Application to European Railways*. Centre de Recherche en Economie Publique et en Economie de la Population-CREPP.
- Coelli, T. J., Estache, A., Perelman, S., & Trujillo, L. (2003). A primer on efficiency measurement for utilities and transport regulators. In A primer on efficiency measurement for utilities and transport regulators. <https://doi.org/10.1596/0-8213-5379-9>
- Coelli, T. J., Prasada Rao, D. S., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). An introduction to efficiency and productivity analysis. In An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Springer. <https://doi.org/10.1007/b136381>
- Cuesta, R. A. dan Zofío, J.L. (2005). Hyperbolic Efficiency and Parametric Distance Functions: With Application to Spanish Savings Banks, *Journal of Productivity Analysis*, 24(1), 31-48. doi:10.1007/s11123-005-3039-3
- Cuesta, R. A., Lovell, C. A. K. dan Zofío, J. L. (2009). Environmental Efficiency Measurement with Translog Distance Functions: A Parametric Approach. *Ecological Economics*, 68(8-9), 2232-2242. doi:10.1016/j.ecolecon.2009.02.001 (diakses pada Maret 2013)
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C. A. K., and Pasurka, C. (1989). Multilateral Productivity Comparisons When Some *Outputs* are Undesirable: A Non-parametric Approach. *Review of Economics and Statistics*, 75, 90-98.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Pasurka, C. (2007). Environmental Production Functions and Environmental Directional Distance Functions. *Energy* 32(7) 1055-1066.
- Field, Barry C., & Olewiler, N. D. (2002). *Environmental Economics Second Canadian Edition*. McGraw-Hill.
- Fried, H. O., Lovell, C. A. K., & Schmidt, S. S. (2008). *The Measurement of productive Efficiency and productivity Change*. Oxford University Press.
- Graham, M. (2004). *Environmental Efficiency: Meaning and Measurement and Application to Australian Dairy Farms*. 48th Annual AARES Conference, Melbourne.
- Grether, J. M., Mathys, N. A., dan de Melo, J. (2008). Scale, Technique and Composition Effects in Manufacturing SO₂ Emissions. *Environmental and Resource Economics*, 43(2), 257-274.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Pollution and growth: What do we know?. *The Economics of Sustainable Development*, 19.
- Jena, P. R. (2009). Estimating Environmental Efficiency and Kuznets Curve for India. *Contributed Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists Conference, Beijing, China, August 16-22, 2009*.
- Kementerian ESDM. (2012). *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2012*. KESDM.
- Kementerian Keuangan. (2009). *Ministry of Finance Green Paper: Economic and Fiscal Policy*

Strategies for Climate Change Mitigation in Indonesia. Kementerian Keuangan dan Indonesia Australia Partnership.

- Kementerian Perindustrian-Kemenperin. (2010a). Kemenperin Luncurkan Program Pengurangan Emisi CO₂ di Sektor Industri. (diakses pada tanggal 2 September 2013).
- Kementerian Perindustrian-Kemenperin. (2010b). Pemerintah Dorong Industri Hijau. (diakses pada tanggal 2 September 2013)
- Khalifah, N. A., & Thalib, B. A. (2008). Are Foreign Multinationals More Efficient? A Stochastic Production Frontier Analysis of Malaysia's Automobile Industry. *IJMS*, 15, 91-113.
- Lee, J. W. (2013). The Contribution Of Foreign Direct Investment to Clean Energy Use, Carbon Emission, and Economic Growth. *Journal of Energy Policy* 55, 483-489.
- Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de estadística*, 4(2), 209-242.
- Manello, A. (2012). *Efficiency and Productivity in Presence of undesirable Outputs* [Thesis]. University of Bergamo, Bergamo.
- Margono, H., & Sharma, S. C. (2006). Efficiency and productivity analyses of Indonesian manufacturing industries. *Journal of Asian Economics*, 17(6), 979-995.
- Meeusen, W., & van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International economic review*, 435-444.
- Nicholson, W. (1997). *Intermediate microeconomics an dits application (7th Edition)*. The Dryden Press.
- Ramilan, T., Scrimgeour, F., & Marsh, D. (2009). *Measuring Environmental-Economic Efficiency in The Karapiro Catchment, New Zealand*, 18th World IMACS/MODSIM Congres, Cairns, Australia 13-17 July 2009.(online) (ideas.repec.org. diakses pada tanggal 15 Maret 2013).
- Reinhard, S. (1999). *Econometric Analysis of Economic and Environmental Efficiency of Dutch Dairy Farms* [Thesis]. Wageningen Agricultural University, Wageningen.
- Shepard, R. N. (1974). Representation of structure in similarity data: Problems and prospects. *Psychometrika*, 39(4), 373-421.
- Sun, S. (2006). Technical Efficiency and Its Determinants in Gansu, West China. *Pacific Economic Papers No. 355, 2006*. Australia-Japan Research Centre.
- Suta, C. M., Bailey, A., & Davidova, S. (2010). *Environmental efficiency of small farms in selected EU NMS* (No. 702-2016-48196, pp. 883-896).
- Tempo Interaktif. 2010. "Industri Baja dan Kertas Didesak Turunkan Emisi Karbon" (http://www.tempo.co/read/news/2010/11/23/090293809/Industri-Baja_dan-Kertas-Didesak-Turunkan-Emisi-Karbon, diakses pada tanggal 2 September 2013).
- Tempo Interaktif. (2011). Dua Kementerian Sepakati Aturan Limbah Lingkungan. (online) (<http://kemenperin.go.id/artikel/1041/Dua-Kementerian-Sepakati-Aturan-Limbah-Lingkungan--->, diakses tanggal 23 September 2013).
- World Bank. (1994). *Indonesia Environment and Development*. World Bank.

World Bank. (2013). World CO₂ Emission (kt). (online) <http://databank.worldbank.org/data/views/variableselection/selectvariables.aspx?source=world-development-indicators>, diakses pada tanggal 2 Januari 2013).

Zugravu, N., Millock, K. E., & Duchene, G. (2011). The Factors Behind CO₂ Emission Reduction in Transition Economies. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1164835>