

Total Faktor Produktivitas Industri Minyak Sawit Mentah: Apakah Penggunaan Mesin Lama Masih Mendukung Efisiensi Produksi?

Dyah Wulan Sari^{a,*}, Al Khofi Aji^a, Widya Sylviana^a, & Haura Azzahra Tarbiyah Islamiya^a

^aFakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Airlangga, Surabaya

Abstract

This research aims to analyze the growth of total factor productivity (TFP) in the crude palm oil (CPO) industry in Indonesia using firm-level data from 2010 to 2014. The method used in this research is stochastic frontier analysis (SFA). The TFP growth is calculated by decomposing into three components: scale efficiency change (SEC), technological change (TC), and technical efficiency change (TEC). The research results show that the number of companies with relatively low technical efficiency (TE) values increases every year. There are still inefficiencies in Indonesia's CPO industry, as seen by the overall negative growth in TFP. TEC leads to TFP growth at a higher rate than TC and SEC. The results of elasticity calculations show that the CPO industry is experiencing decreasing returns to scale. The elasticity of output for each input shows that raw material input has a greater impact on production fluctuations than capital, labor, or energy.

Keywords: Crude Palm Oil (CPO); Total Factor Productivity (TFP); sustainable industrialization

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis pertumbuhan total faktor produktivitas (TFP) pada industri minyak sawit mentah (CPO) di Indonesia menggunakan data tingkat perusahaan tahun 2010 sampai 2014, menggunakan metode *stochastic frontier analysis* (SFA). Pertumbuhan TFP dibagi menjadi tiga komponen perubahan: efisiensi skala (SE), teknologi (TC), dan efisiensi teknis (TE). Hasil penelitian menunjukkan masih adanya inefisiensi pada industri CPO di Indonesia, ditandai dengan peningkatan jumlah perusahaan dengan nilai TE yang rendah setiap tahunnya, TFP secara keseluruhan tumbuh negatif, serta nilai elastisitas yang menunjukkan industri CPO mengalami *decreasing return to scale*. TEC berkontribusi lebih besar terhadap pertumbuhan TFP dibandingkan TC dan SEC, sedangkan input bahan mentah mempunyai dampak yang lebih besar terhadap fluktuasi produksi dibandingkan modal, tenaga kerja, atau energi.

Kata Kunci: minyak kelapa sawit mentah (CPO); produktivitas faktor total; industrialisasi berkelanjutan

Kode Klasifikasi JEL: C23; D24; O47

*Alamat Korespondensi Penulis: Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Airlangga. Jalan Airlangga, No. 4-6, Surabaya 60286, Indonesia. Email: dyah-wulansari@feb.unair.ac.id.

1. Pendahuluan

Industri kelapa sawit merupakan salah satu sumber utama penghasil minyak nabati, produk kimia, dan energi. Hal ini menyebabkan industri kelapa sawit berkembang pesat karena meningkatnya permintaan. Keunggulan utama kelapa sawit dibandingkan dengan tanaman minyak lainnya adalah produksi yang jauh lebih tinggi per hektar sehingga mengarah ke pendapatan yang lebih tinggi. Selama beberapa dekade terakhir, produksi kelapa sawit global meningkat pesat. Lebih jauh, peningkatan tersebut mencapai hingga hampir dua kali lipat setiap 10 tahun (Khatun *et al.*, 2017).

Secara global, industri kelapa sawit didominasi oleh kawasan Asia Tenggara. Hal ini disebabkan karena kawasan tersebut memiliki kesesuaian dengan kondisi iklim regional dan tingkat hasil yang tinggi. Lebih jauh, kelapa sawit merupakan bahan baku biodiesel utama di Asia Tenggara. Sejak abad ke-14 diperkenalkan di wilayah ini, kelapa sawit menjadi komoditas pertanian penting, terutama Malaysia dan Indonesia yang mendominasi industri ini sejak pertengahan 1960-an (Mukherjee & Sovacool, 2014). Kelapa sawit memberikan kontribusi yang signifikan bagi perekonomian Indonesia dan Malaysia (melalui perusahaan swasta, perusahaan milik negara, dan petani kecil) kedua negara tersebut memasok 85% minyak sawit dunia (Purnomo *et al.*, 2020). Lebih jauh, kelapa sawit sebagai komoditas yang penting memiliki kontribusi terhadap penghidupan banyak masyarakat, PDB pemerintah, dan pencapaian beberapa tujuan pembangunan berkelanjutan (SDG) (Ayompe *et al.*, 2021).

Sebagai komoditas unggulan, kelapa sawit memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia karena kelapa sawit merupakan industri padat karya dan bernilai tinggi (Kementerian Pertanian [Kementan], 2017). Kelapa sawit memiliki keunggulan antara lain sebagai penyedia lapangan pekerjaan, sumber pendapatan rumah tangga, dan sumber penghasil devisa negara (Irawan & Soesilo, 2021). Hasil dari produksi kelapa sawit dapat diolah menjadi beberapa macam jenis minyak, antara lain *Crude Palm Oil* (CPO), *Other Palm Oil*, *Crude Oil of Palm Kernel* (PKO), dan *Other Palm Oil Kernel* (BPS, 2021). Salah satu hasil olahan dari kelapa sawit yang berkontribusi paling besar terhadap ekspor dan menjadi sumber penghasil devisa adalah *Crude Palm Oil* (CPO) (Departemen Perindustrian, 2007). Lebih jauh, hasil dari ekspor CPO berkontribusi lebih besar terhadap devisa negara Indonesia dibandingkan dengan batubara, minyak bumi, dan gas. Komoditas CPO juga menjadi salah satu sumber penopang hidup bagi sebagian masyarakat di pedesaan, selain dari komoditas karet dan tanaman komersil lainnya (Bakhtiar *et al.*, 2019).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Zuhdi *et al.* (2021) menunjukkan bahwa CPO Indonesia memiliki keunggulan komparatif di pasar internasional. Hal ini disebabkan adanya peran ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang mendukung peningkatan daya saing CPO. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Nayantakaningtyas & Daryanto (2012), bahwa sumber daya IPTEK memiliki peranan penting sebagai faktor pendukung keunggulan kompe-

titif industri CPO di Indonesia. Di sisi lain, belum tersedianya fasilitas penunjang di beberapa daerah dapat menjadi faktor penghambat menurunnya daya saing CPO di pasar internasional.

Makin tingginya permintaan global dari energi, makanan, dan proses industri lainnya menyebabkan meningkatnya produktivitas CPO Indonesia (Purnomo *et al.*, 2020). Peningkatan hasil produktivitas CPO tersebut merupakan hasil upaya pemerintah dalam mendukung majunya industri CPO. Bentuk dukungan tersebut diimplementasikan ke dalam berbagai kebijakan, misalnya seperti pemberian insentif, alur perijinan yang dipermudah, dan subsidi investasi (Departemen Perindustrian, 2007). Berbagai macam upaya tersebut membawa dampak baik terhadap perekonomian di Indonesia, khususnya terhadap penyerapan tenaga kerja dan juga pendapatan negara berupa devisa yang dihasilkan melalui ekspor CPO (Bakhtiar *et al.*, 2019).

Di sisi lain, peningkatan produktivitas industri CPO tersebut juga dapat menyebabkan beberapa dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Adapun dampak negatifnya adalah meningkatnya emisi karbon dioksida atau CO₂ yang diakibatkan oleh efek rumah kaca (Inubushi *et al.*, 2003; Jamaludin *et al.*, 2019) serta polusi udara dan air yang disebabkan pengolahan limbah cair pabrik CPO yang mengeluarkan gas metana (Szulczyk & Khan, 2018). Sedangkan, hal ini berbanding terbalik dengan yang dipromosikan oleh negara-negara penghasil CPO di Asia Tenggara yang mengatakan bahwa CPO merupakan sumber energi terbarukan. Sehingga, dengan menggunakan CPO, merupakan salah satu upaya untuk mencegah terjadinya perubahan iklim (Colchester *et al.*, 2011).

Permasalahan-permasalahan yang ditimbulkan dari makin berkembangnya industri CPO inilah yang menyebabkan keberlangsungan produksinya menjadi terancam. Salah satu upaya untuk mengatasi hal tersebut adalah didirikannya *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO), asosiasi ini bertujuan untuk mengembangkan standar global untuk industri CPO yang berkelanjutan. Tugas dari RSPO adalah untuk melindungi kawasan dengan nilai konservasi tinggi dan juga hutan primer, di samping itu, asosiasi ini juga melindungi dan menghormati hak-hak dari masyarakat lokal maupun masyarakat adat terkait pembelian atau sewa tanah untuk dijadikan lahan minyak sawit (Colchester *et al.*, 2011).

Lebih jauh, masalah-masalah yang sudah dijelaskan di atas dapat menghambat pertumbuhan industri CPO di Indonesia sehingga berpengaruh terhadap tingkat efisiensi dan produktivitas industri tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan instrumen khusus sebagai alat analisis perhitungan pertumbuhan *output* CPO. Salah satu konsep dari pengukuran efisiensi dan pertumbuhan *output* ini adalah dengan menggunakan metode *Total Factor Productivity* (TFP). Norhidayu *et al.* (2018) melakukan penelitian untuk menghitung pertumbuhan TFP pada pabrik minyak sawit di Malaysia selama rentang tahun 2010–2014 dengan menggunakan metode SFA. Hasil empiris menunjukkan bahwa pertumbuhan produktivitas didorong oleh efisiensi teknis dan diikuti oleh *technological progress*. Namun, perubahan skala berdampak kecil pada pertumbuhan produktivitas. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peluang

untuk meningkatkan pertumbuhan produktivitas di sektor minyak kelapa sawit di Malaysia, misalnya dengan memperbaiki kondisi kerja, meningkatkan kapasitas pabrik, serta memberikan insentif dan penghargaan kepada para pekerja.

Penelitian yang membahas terkait dengan TFP di berbagai negara telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti See & Coelli (2013) di Malaysia; Roy *et al.* (2017) di Bengkulu Barat; Hossain *et al.* (2012) di Bangladesh; Čechura (2012) di Ceko; serta Liu & Li (2012), Liu & Tsai (2021), dan Liu *et al.* (2020) di Cina. Begitu juga dengan penelitian TFP di Indonesia. Penelitian TFP di Indonesia sebelumnya menggunakan objek penelitian sektor industri serta menggunakan berbagai macam metode. Mayashinta & Firdaus (2013) menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS) dan *Error Collection Model* (ECM); Surjaningsih & Permono (2014) dan Jelita *et al.* (2020) menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA); dan Nuryartono *et al.* (2016) dengan metode *Tornqvist-Thiel* dan *Multiple Linear Regression* (MLP).

Berdasarkan pembahasan yang sudah dijelaskan di atas, perlu dilakukan analisis terkait produktivitas TFP dengan pendekatan yang berbeda dari penelitian sebelumnya. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk menghitung TFP beserta komponen dekomposisinya dengan metode *Stochastic Frontier Analysis* (SFA) pada industri minyak kelapa sawit mentah di Indonesia. Selanjutnya, metode dekomposisi digunakan untuk mengestimasi komponen-komponen di dalam TFP, yang meliputi *Technical Efficiency Change* (TEC), *Technological Change* (TC), dan *Scale Efficiency Change* (SEC). Metode ini memiliki keunggulan, yaitu memasukkan perhitungan perubahan efisiensi (*catch up*) dan perubahan teknologi (inovasi) sebagai komponen pengukuran produktivitasnya (Färe *et al.*, 1994).

2. Metodologi

2.1. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan adalah data cross section dan time series. Jenis data yang digunakan adalah data sekunder. Data sekunder tersebut merupakan jenis data *firm level* industri CPO yang berasal dari industri besar hingga sedang yang ada di Indonesia pada tahun 2010–2014 dengan lima digit kode *International Standard Industrial Classification* (ISIC), yaitu 10431. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil survei tahunan yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) mencakup seluruh perusahaan manufaktur yang setidaknya mempekerjakan 20 orang pekerja setiap tahunnya. Data yang diperoleh masih berupa raw data unbalanced sebanyak 2.750 perusahaan, kemudian data tersebut diseleksi dan disesuaikan menjadi *balanced panel data* sebanyak 2.155 perusahaan.

2.2. Identifikasi Variabel

Penelitian ini menggunakan variabel fungsi produksi yaitu *output* (y) yang dihasilkan oleh perusahaan industri CPO di Indonesia sebagai variabel dependen.

Sedangkan, modal (k), tenaga kerja (l), bahan baku (m), dan energi (e) digunakan sebagai variabel independennya. Masing-masing variabelnya dijelaskan dalam Tabel 1.

Tabel 1: Definisi Operasional Variabel

Variabel	Keterangan	Unit	Notasi
Input	Modal	Juta Rupiah	K
	Tenaga Kerja	Orang	L
	Bahan Baku	Juta Rupiah	M
	Energi	Juta Rupiah	E
Output	Output Kotor	Juta Rupiah	Q

2.3. Teknik Analisis

2.3.1. Stochastic Frontier Analysis (SFA)

Penelitian ini menggunakan metode analisis parametrik SFA dengan pendekatan panel *frontier* dan fungsi produksi *translog* seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan (5) sebagai teknik estimasi modelnya. Selanjutnya, metode dekomposisi digunakan untuk mengestimasi komponen-komponen di dalam TFP yang meliputi TEC, TC, dan SEC. Salah satu keunggulan penggunaan metode SFA untuk mengestimasi perubahan TFP dan komponen dekomposisinya yaitu menunjukkan bentuk yang *less noisy* dan lebih halus jika dibandingkan dengan metode lainnya (Kang & Kim, 2018).

Pendekatan panel *frontier* digunakan karena data pada penelitian ini menggunakan gabungan antara data *cross section* dan *time series*. Lebih jauh, pendekatan tersebut memungkinkan untuk menghitung batasan (*frontier*) teknologi pada setiap tahunnya sehingga dapat memberikan informasi yang lebih banyak dan hanya memerlukan lebih sedikit asumsi (Coelli et al., 2005). Fungsi produksi yang digunakan adalah fungsi produksi *translog*. Fungsi produksi ini memiliki keunggulan yaitu bentuk fungsi yang lebih fleksibel sehingga dapat meminimalisir risiko kesalahan yang akan timbul pada saat melakukan spesifikasi model (See & Coelli, 2013).

2.3.2. Uji Likelihood-Ratio (LR)

Uji *likelihood-ratio* (LR) pada penelitian ini menggunakan tabel *critical value* yang terdapat pada Kodde & Palm (1986). Berdasarkan Coelli et al. (2005), persamaan uji LR secara sederhana dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\lambda = -2[L(H_0) - L(H_1)] \quad (1)$$

dengan $L(H_0)$ adalah nilai estimasi *log-likelihood* dari fungsi produksi *restricted*, sedangkan $L(H_1)$ adalah nilai estimasi *log-likelihood* dari fungsi produksi *translog*.

Jika nilai perhitungan λ kurang dari nilai *critical value* pada tabel, maka H_0 tidak ditolak.

2.3.3. Uji Nilai Gamma (γ)

Nilai gamma (γ) mewakili proporsi variasi *output* pada model yang disebabkan oleh perbedaan tingkat inefisiensinya (Umasri & Malarvizhi, 2022). Berdasarkan Sharma *et al.* (2007), persamaan dasar untuk menghitung nilai gamma (γ) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2} \quad (2)$$

dengan σ_u^2 adalah koefisien dari *sigma-u squared*, sedangkan σ_v^2 adalah koefisien dari *sigma-v squared*.

2.3.4. Uji Nilai Mu (μ)

Nilai mu (μ) menunjukkan ada atau tidak adanya efek positif atau negatif pada estimasi rata-rata distribusi normal-truncated (Umasri & Malarvizhi, 2022). Berdasarkan Sharma *et al.* (2007), persamaan dasar untuk menghitung nilai Mu (μ) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mu_{it} = \frac{-\sigma_u^2 \varepsilon_{it} + \delta z_{it} \sigma_v^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2} \quad (3)$$

dengan σ_u^2 adalah koefisien dari *sigma-u squared*, sedangkan σ_v^2 adalah koefisien dari *sigma-v squared*. Selanjutnya, ε_{it} adalah *error term* yang terdiri dari $(v_{it} - u_{it})$, dengan v_{it} berperan sebagai *random variable* (efek *noise*) dan u_{it} berperan sebagai inefisiensi. Tren waktu t digunakan untuk menangkap perubahan teknologi. Kemudian δz_{it} yang diperoleh dari z_{it} yang menunjukkan vektor dari variabel spesifik wilayah (dapat bervariasi dari waktu ke waktu) yang diduga sebagai faktor yang berkontribusi terhadap ketidakefisienan wilayah dan δ adalah vektor dengan koefisien yang tidak diketahui.

2.3.5. Uji Nilai Eta (η)

Nilai Eta (η) mengindikasikan adanya kecenderungan peningkatan atau penurunan tingkat efisiensi selama periode yang diteliti (Umasri & Malarvizhi, 2022). Berdasarkan Battese & Coelli (1992), persamaan dasar untuk menghitung nilai Eta dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\eta_{it} = \exp\{-\delta(t - T)\} \quad (4)$$

dengan δ adalah parameter yang berperan penting dalam perilaku efisiensi teknis dari waktu ke waktu. Jika $\delta > 0$, maka efisiensi teknis meningkat. Jika $\delta < 0$, maka efisiensi teknis menurun. Jika $\delta = 0$, maka efisiensi teknis konstan.

2.4. Model Empiris

Penelitian ini menggunakan spesifikasi model SFA yang mengacu pada penelitian See & Coelli (2013) dengan melakukan perubahan pada beberapa variabelnya. Model *stochastic frontier* dari bentuk fungsi produksi *translog* yang digunakan pada penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \ln y_{it} = & \beta_0 + \beta_k \ln k_{it} + \beta_l \ln l_{it} + \beta_m \ln m_{it} + \beta_e \ln e_{it} + \beta_t t + \frac{1}{2} \left[\beta_{kk} (\ln k_{it})^2 \right. \\ & + \beta_{ll} (\ln l_{it})^2 + \beta_{mm} (\ln m_{it})^2 + \beta_{ee} (\ln e_{it})^2 + \beta_{tt} t^2 \left. \right] + \beta_{kl} \ln k_{it} \ln l_{it} \\ & + \beta_{km} \ln k_{it} \ln m_{it} + \beta_{ke} \ln k_{it} \ln e_{it} + \beta_{lm} \ln l_{it} \ln m_{it} + \beta_{le} \ln l_{it} \ln e_{it} \\ & + \beta_{me} \ln m_{it} \ln e_{it} + \beta_{kt} \ln k_{it} t + \beta_{lt} \ln l_{it} t + \beta_{et} \ln e_{it} t + \beta_{mt} \ln m_{it} t \\ & + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

dengan y_{it} adalah *output* pada tahun t ; k_{it} adalah kapital pada tahun t ; l_{it} adalah *labor* pada tahun t ; m_{it} adalah material pada tahun t ; e_{it} adalah energi pada tahun t ; t adalah waktu; β_0 adalah intersep; v_{it} adalah *random error*; u_{it} adalah variabel acak non-negatif.

2.4.1. Fungsi Produksi Cobb-Douglas

Fungsi produksi Cobb-Douglas pertama kali diperkenalkan oleh Charles Cobb dan Paul Douglas. Fungsi produksi Cobb-Douglas ini juga sering digunakan dalam analisis ekonomi karena lebih mudah digunakan dibandingkan dengan fungsi produksi lainnya. Hingga kini, fungsi produksi Cobb-Douglas masih memberikan gambaran yang baik terkait hubungan antara *output*, modal, dan tenaga kerja. Lebih jauh, fungsi tersebut telah menjadi alat standar bagi para ekonom (Blanchard & Johnson, 2013).

Menurut Nicholson & Snyder (2012), persamaan fungsi produksi Cobb-Douglas dapat ditulis sebagai berikut:

$$q = f(K, L) = AK^\alpha L^\beta \quad (6)$$

dengan q adalah *output*, A adalah konstanta yang memiliki angka positif, K adalah modal (kapital), L adalah tenaga kerja (*labor*), α adalah elastisitas *output* dari K , dan β adalah elastisitas *output* dari L .

2.4.2. Fungsi Produksi Frontier

Fungsi produksi *frontier* adalah fungsi produksi yang mengukur tingkat efisiensi suatu perusahaan dalam mengelola sejumlah input tertentu dengan menggunakan bantuan teknologi yang ada sehingga dapat menghasilkan *output* maksimum (Coelli et al., 2005). Fungsi produksi *frontier* merupakan gambaran dari standar optimum riil bagi perusahaan untuk menghasilkan *output* maksimum dengan menggunakan input tertentu. Standar optimum riil tersebut akan membentuk

suatu garis batasan (*frontier*). Suatu perusahaan dapat dikatakan efisien secara teknis apabila kombinasi antara input dan *output* tepat berada pada garis batasan (*frontier*) tersebut.

Aigner *et al.* (1977) dan Meeusen & van Den Broek (1977) merupakan para pelopor berkembangnya fungsi produksi ini. Seiring dengan berjalannya waktu, fungsi produksi ini lebih dikenal dengan nama *Stochastic Production Frontier* (SPF). Fungsi produksi *frontier* memiliki perbedaan dengan fungsi produksi pada umumnya, perbedaan tersebut terletak pada *error term*-nya. *Error term* pada fungsi produksi konvensional hanya menjelaskan tentang *random error*, sedangkan pada fungsi produksi *frontier* hasil dari *error term* tidak hanya menjelaskan tentang *random error*, tetapi juga menjelaskan tentang inefisiensi perusahaan tersebut. Untuk itu, metode ini secara mungkin dapat mengestimasi inefisiensi suatu proses produksi tanpa mengabaikan kesalahan baku (*error term*) dari modelnya. Persamaan fungsi produksi *frontier* dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$y_{it} = f(x_{it}; t, \beta) \exp(v_{it} - u_{it}) = f(x_{it}; t, \beta) \exp(\varepsilon_{it}) \quad (7)$$

Berdasarkan Persamaan (7), dapat diketahui bahwa pendekatan *stochastic frontier production* memiliki ciri khas yang terletak pada *error term* yang dinotasikan dengan menggunakan simbol ε_{it} . *Error term* tersebut terdiri dari v_{it} yang berperan sebagai *random variable* (efek *noise*) dan u_{it} yang berperan sebagai inefisiensi sehingga ketika disatukan menjadi seperti $\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$, yang independen dari satu sama lain dan tren waktu t digunakan untuk menangkap perubahan teknologi.

2.4.3. Fungsi Produksi *Translog*

Fungsi produksi *translog* menjelaskan tentang bagaimana suatu model menggunakan variabel yang berbeda-beda dengan mempertimbangkan faktor keterkaitan interaksi antarvariabelnya. Bentuk fungsional *translog* adalah bentuk yang fleksibel dan kurang restriktif daripada Cobb-Douglas pada elastisitas produksi dan substitusi. Oleh karena itu, bentuk fungsional ini merupakan bentuk yang lebih disukai dalam studi TFP. Lebih lanjut, keunggulan lainnya dari fungsi produksi *translog* adalah dapat mengurangi risiko kesalahan dalam spesifikasi yang terdapat di dalam model (See & Coelli, 2013).

Menurut Coelli *et al.* (2005), persamaan dasar dari bentuk fungsi produksi *translog* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$y = \exp \left(\beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_n + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln x_n \ln x_m \right) \quad (8)$$

dengan y merupakan *output* yang dihasilkan perusahaan dalam suatu industri; β_n dan β_{nm} adalah parameter tidak diketahui yang bertujuan untuk diestimasi; $\ln x_n$ dan $\ln x_m$ adalah logaritma natural dari kombinasi faktor-faktor input produksi yang digunakan.

2.4.4. Langkah-langkah Perhitungan TFP beserta Dekomposisi Komponennya

2.4.4.1. *Technical Efficiency Change* (TEC)

Technical Efficiency adalah kemampuan perusahaan untuk mencapai *output* maksimum dengan menggunakan beberapa input tertentu. Karena efisiensi teknis memerlukan kombinasi input yang tepat sehingga hal ini juga disebut sebagai efisiensi input (Pindyck & Rubinfeld, 2013). Makin tinggi tingkat efisiensi, maka perusahaan makin efisien dalam menggunakan input yang ada (Farrell, 1957). Skala nilai TE berada di rentang antara 0 hingga 1. Apabila nilai TE menunjukkan angka 1, maka suatu perusahaan dapat dikatakan *fully efficient* dan kondisi operasionalnya tepat berada di garis *frontier*. Sedangkan, jika nilai TE kurang dari 1 mencerminkan kondisi operasional perusahaan berada di bawah garis *frontier*. Lebih jauh, batas antara nilai 1 dan nilai yang diamati disebut sebagai inefisiensi teknis (Coelli et al., 2003).

Coelli et al. (2005) menjelaskan bahwa efisiensi teknis (TE) dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan yang sudah dijelaskan sebelumnya pada Persamaan (7). Artinya, diperoleh ekspektasi bersyarat dari $\exp(-u_{it})$ dengan nilai $\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$. Tren waktu t digunakan untuk menangkap perubahan teknologi. Karena u_{it} adalah variabel acak non-negatif, prediksi TE ini antara 0 dan 1, dengan nilai 1 menunjukkan efisiensi teknis penuh. Pada metode parametrik yang mengacu pada Margono & Sharma (2006), persamaan dasar untuk menghitung TE dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$TE_{it} = \frac{y_{it}}{\hat{y}_{it}} \quad (9)$$

dengan y_{it} adalah rasio *output* aktual, \hat{y}_{it} adalah potensi *output* maksimum, TE_{it} adalah *technical efficiency* perusahaan i pada tahun t . Sehingga, Efisiensi Teknis (TE_{it}) untuk perusahaan ke- i pada waktu t adalah rasio *output* aktual terhadap *output* maksimum yang dapat dicapai. Selanjutnya, berdasarkan Persamaan (9) untuk menghitung *Efficiency Change*, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$TEC_{it,t-1} = \ln(TE_{it}/TE_{it-1}) \times 100 \quad (10)$$

dengan $TE_{it(t-1)}$ adalah *technical efficiency* perusahaan i pada tahun sebelumnya ($t - 1$).

2.4.4.2. *Technological Change* (TC)

Perubahan Teknologi (TC) atau bisa juga disebut sebagai *Technological Progress* (TP) adalah peningkatan *output* maksimum yang dapat diproduksi dengan menggunakan vektor input X dan tercermin dalam pergeseran batas produksi dari waktu ke waktu. Perubahan Teknis pada suatu sektor sering kali cenderung berjalan lambat, hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor. Di sisi lain, perubahan teknis berkembang lebih cepat dan terus berlanjut dari waktu ke

waktu pada sektor telekomunikasi (Coelli *et al.*, 2003).

Indeks TC antara periode $t - 1$ dan t untuk perusahaan ke- i dapat dihitung langsung dari parameter yang diestimasi. Pertama, mengevaluasi turunan parsial dari fungsi produksi terhadap waktu dengan menggunakan data untuk perusahaan ke- i pada periode $t - 1$ dan t . Kemudian, indeks TC antara periode yang berdekatan $t - 1$ dan t dihitung sebagai rata-rata geometris dari dua turunan parsial ini (Coelli *et al.*, 2005). Secara sederhana pengukuran $TC_{it,t-1}$ memerlukan penghitungan turunan parsial terhadap waktu di setiap titik data.

Berdasarkan Sari *et al.* (2016), persamaan TC dapat dituliskan sebagai berikut:

$$TC_{it,t-1} = 0.5 \left[\left(\frac{\partial y_{it-1}}{\partial t} \right) + \left(\frac{\partial y_{it}}{\partial t} \right) \right] \times 100 \quad (11)$$

$$\frac{\partial y_{it}}{\partial t} = \beta_t + \beta_{it}t + \beta_{nit}x_{nit} \quad (12)$$

dengan $\frac{\partial y_{it-1}}{\partial t}$ adalah *output* perusahaan i pada tahun sebelumnya ($t-1$) diturunkan terhadap t ; dan $\frac{\partial y_{it}}{\partial t}$ adalah *output* perusahaan i pada tahun t diturunkan terhadap t .

2.4.4.3. Scale Efficiency Change (SEC)

Skala Efisiensi (SE) adalah suatu tingkat ukur bagi perusahaan dalam mengoptimalkan kinerja operasional produksinya. Tingkat skala efisiensi tiap perusahaan dapat berbeda, ada yang kecil dan ada yang besar. Perbedaan tingkat tersebut karena sebuah perusahaan tidak beroperasi pada skala operasi yang optimal secara teknis (Coelli *et al.*, 2003). Berdasarkan Sari *et al.* (2016), perhitungan SEC dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SEC_{it,t-1} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N [(SF_{it}\varepsilon_{nit} + SF_{it-1}\varepsilon_{nit-1})(x_{nit} - x_{nit-1})] \times 100 \quad (13)$$

$$SF_{it} = (\varepsilon_{Tit} - 1) / \varepsilon_{Tit} \quad (14)$$

$$\varepsilon_{Tit} = \sum_{n=1}^n \varepsilon_{nit} \quad (15)$$

$$\varepsilon_{nit} = \frac{\partial y_{it}}{\partial x_{nit}} = \beta_n + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^4 \sum_{m=1}^4 \beta_{nm}x_{mit} + \beta_{nt}t \quad (16)$$

dengan SF_{it} adalah *Scale Factor* perusahaan i periode t , ε_{Tit} adalah elastisitas total perusahaan i periode t , ε_{nit} adalah elastisitas variabel input perusahaan i periode t , x_{nit} adalah variabel input perusahaan i pada t .

2.4.4.4. Total Factor Productivity (TFP)

TFP dapat didekomposisi menjadi tiga komponen, yaitu *Technological Change* (TC), *Technical Efficiency Change* (TEC), dan *Scale Efficiency Change* (SEC). TC adalah perubahan teknologi yang diakibatkan oleh pergeseran pada batas kemampuan teknologi di antara dua periode. TEC adalah pergerakan ke arah batas teknologi atau mendekati ke arah *frontier* untuk mengejar ketertinggalan teknologi. SEC adalah komponen perubahan produktivitas untuk mengukur skala ekonomi (Coelli et al., 2003). Nilai TFP dapat menggambarkan tingkat kemajuan teknis suatu perusahaan. Makin besar nilai TFP suatu perusahaan, maka tingkat efisiensinya juga makin besar. Pengukuran TFP dilakukan dengan menggunakan rasio total *output* terhadap semua input (multifaktor). Ketika nilai TFP suatu perusahaan bernilai positif, maka produktivitas perusahaan tersebut tergolong tinggi. Sebaliknya, jika TFP bernilai negatif, maka produktivitas perusahaan tersebut tergolong rendah (Coelli et al., 2005). Untuk itu, penulis memilih untuk menggunakan metode pengukuran dekomposisi TFP dengan pendekatan *Stochastic Frontier Analysis* (SFA) karena metode tersebut dapat mempertimbangkan kemajuan dan efisiensi teknis dengan mempertimbangkan *error term* dalam pengukuran TFP. Persamaan dasarnya dapat ditulis sebagai berikut:

$$TFP = TEC + TC + SEC \quad (17)$$

2.4.5. Elastisitas

Elastisitas memiliki fungsi untuk mengukur seberapa banyak *output* akan meningkat ketika tingkat input meningkat. Gagasan ini dapat diukur dengan memperkirakan elastisitas *output* sehubungan dengan input yang digunakan meliputi modal, tenaga kerja, bahan, dan energi. Kumbhakar et al. (2015) menjelaskan bahwa elastisitas dalam ukuran produktivitas berasal dari skala efisiensi. Coelli et al. (2005) menyebutkan bahwa skala efisiensi mengacu pada jumlah produktivitas yang dapat ditingkatkan dengan berpindah ke ukuran skala yang paling produktif. Ketika nilai efisiensi adalah sama dengan satu, maka perusahaan mengalami skala hasil yang konstan.

Persamaan dasar dari skala efisiensi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SE(x) = \exp \left\{ \frac{(1 - \varepsilon(x))^2}{2\beta} \right\} \quad (18)$$

dengan:

$$\varepsilon(x) = \sum_{n=1}^N \left(\beta_n + \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln x_{mi} \right) \quad (19)$$

Lebih jauh, elastisitas skala dari Persamaan (19) dapat dievaluasi pada x

sehingga dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\beta = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \quad (20)$$

Berdasarkan Persamaan (16), elastisitas *output* terhadap masing-masing input yang meliputi modal, tenaga kerja, bahan baku, dan energi dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon_k = \beta_k + \beta_{kk} \ln k_{it} + \beta_{kl} \ln l_{it} + \beta_{km} \ln m_{it} + \beta_{ke} \ln e_{it} + \beta_{kt} t \quad (21)$$

$$\varepsilon_l = \beta_l + \beta_{ll} \ln l_{it} + \beta_{lk} \ln k_{it} + \beta_{lm} \ln m_{it} + \beta_{le} \ln e_{it} + \beta_{lt} t \quad (22)$$

$$\varepsilon_m = \beta_m + \beta_{mm} \ln m_{it} + \beta_{mk} \ln k_{it} + \beta_{ml} \ln l_{it} + \beta_{me} \ln e_{it} + \beta_{mt} t \quad (23)$$

$$\varepsilon_e = \beta_e + \beta_{ee} \ln e_{it} + \beta_{ek} \ln k_{it} + \beta_{el} \ln l_{it} + \beta_{em} \ln m_{it} + \beta_{et} t \quad (24)$$

dengan ε_k adalah elastisitas *output* terhadap input modal, ε_l adalah elastisitas *output* terhadap input tenaga kerja, ε_m adalah elastisitas *output* terhadap input bahan baku, ε_e adalah elastisitas *output* terhadap input energi, dan t adalah parameter waktu (tahun).

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil estimasi fungsi produksi translog menggunakan *Stochastic Frontier Analysis* (SFA) pada industri CPO di Indonesia selama rentang tahun 2010–2014 dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan uji spesifikasi model *frontier* menunjukkan nilai *sigma-squared* signifikan dan lebih kecil dari nilai gamma sehingga hasil estimasi ini dapat dikatakan valid. Untuk itu, nilai *error* masih pada batas kewajaran.

Tabel 2 menunjukkan bahwa μ (μ) memiliki nilai sebesar 1,106 sehingga terdapat efek positif pada estimasi rata-rata distribusi *normal-truncated*. Berikutnya, nilai η (η) signifikan pada tingkat signifikansi 1% dan bernilai negatif sebesar -0,324. Artinya, industri CPO di Indonesia selama periode 2010–2014 mengalami kecenderungan inefisiensi sebesar 32,44% di dalam model. Selanjutnya, nilai gamma (γ) signifikan pada tingkat signifikansi 1% dan bernilai positif. Artinya, sebesar 0,373 atau sebesar 37,7% variabilitas dari *output* disebabkan oleh *Technical Efficiency* pada industri CPO di Indonesia dan sisanya sebesar 62,3% adalah *random noise*.

Selanjutnya adalah uji *likelihood-ratio* (LR). Berdasarkan Tabel 2, nilai estimasi *log-likelihood* dari fungsi produksi *restricted* adalah sebesar -539,629. Sedangkan, nilai estimasi *log-likelihood* dari fungsi produksi *unrestricted* atau *translog* adalah sebesar -108,383. Lebih jauh, dengan menggunakan Persamaan (1) dapat diketahui bahwa nilai uji LR adalah sebesar 862,49. Nilai uji LR tersebut lebih besar dari nilai *critical chi-square* sebesar 38,566 (df=16 dengan $\alpha=0,001$) (Kodde & Palm, 1986). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak. Artinya, fungsi produksi translog adalah fungsi produksi yang lebih baik dan sesuai untuk digunakan

pada penelitian ini dibandingkan dengan fungsi produksi *restricted*.

Tabel 2: Hasil Estimasi *Stochastic Frontier Analysis*

Variabel		Koefisien	Std-error	z-ratio
Konstanta	β_0	5,779	0,389	14,85
lnKapital	β_{lnK}	0,424***	0,058	7,32
lnLabor	β_{lnL}	0,101	0,081	1,24
lnMaterial	β_{lnM}	-1,029***	0,083	-12,39
lnEnergi	β_{lnE}	1,335***	0,070	18,95
lnKapital X Kapital	β_{lnKK^2}	0,007*	0,004	1,76
lnLabor X Labor	β_{lnLL^2}	-0,009	0,006	-1,49
lnMaterial X Material	β_{lnMM^2}	0,194***	0,007	27,69
lnEnergi X Energi	β_{lnEE^2}	0,097***	0,008	11,62
lnKapital X Labor	β_{lnKL}	0,003	0,007	0,45
lnKapital X Material	β_{lnKML}	-0,071***	0,007	-9,51
lnKapital X Energi	β_{lnKE}	0,052***	0,007	7,37
lnLabor X Material	β_{lnLM}	-0,005	0,010	-0,51
lnLabor X Energi	β_{lnLE}	0,007	0,010	0,74
lnMaterial X Energi	β_{lnME}	-0,278***	0,013	-21,36
Waktu	β_t	-0,038	0,082	-0,47
Waktu X Waktu	β_t^2	0,009	0,018	0,52
Waktu X lnKapital	β_{tK}	-0,024***	0,005	-4,45
Waktu X lnLabor	β_{tL}	0,012**	0,006	1,97
Waktu X lnMaterial	β_{tM}	0,042***	0,007	6,25
Waktu X lnEnergi	β_{tE}	-0,023***	0,006	-3,76
Mu	μ	1,106	.	.
Eta	eta	-0,324**	0,136	-2,39
Sigma-square	σ^2	0,088***	0,008	11,229
Gamma	γ	0,373***	0,055	6,743
Log-likelihood		<i>Restricted</i>	<i>Unrestricted / Translog</i>	
		-539,629	-108,383	
Uji LR			862,49	

Keterangan: *** Signifikan pada $\alpha = 0,01$, ** Signifikan pada $\alpha = 0,05$,
* Signifikan pada $\alpha = 0,1$

3.1. Technical Efficiency Change (TEC)

Secara teknis, sebelum menghitung nilai TEC, harus terlebih dahulu melakukan perhitungan nilai TE seperti yang sudah dijelaskan pada Persamaan (9). Tabel 3 menunjukkan hasil estimasi nilai *Technical Efficiency* industri CPO Indonesia selama periode 2010–2014. Nilai rata-rata TE selama periode 2010–2014 selalu mengalami penurunan setiap tahunnya. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sugiharti *et al.* (2017) dan Margono *et al.* (2011), yang mana hasil studi empiris kedua tersebut juga menunjukkan penurunan nilai TE dari waktu ke waktu. Nilai rata-rata keseluruhan TE industri CPO adalah sebesar 0,551. Artinya, kegiatan produksi secara keseluruhan selama rentang periode tersebut belum mencapai tingkat *fully efficient*, dengan nilai minimal sebesar 0,44 dan nilai maksimal sebesar 0,745.

Lebih jauh, jika dilihat pada bagian jumlah perusahaan, selama periode

Tabel 3: Technical Efficiency Industri CPO Indonesia, 2010–2014

Tahun	Jumlah Perusahaan		Rata-rata	Minimal	Maksimal
	0–0,4	0,5–1			
2010	-	431	0,741	0,656	0,866
2011	-	431	0,661	0,558	0,819
2012	9	422	0,564	0,446	0,759
2013	381	50	0,454	0,328	0,684
2014	426	5	0,338	0,215	0,593
2010–2014	816	1.339	0,551	0,44	0,745

2010–2014 jumlah perusahaan dengan nilai TE pada pada rentang nilai 0,5–1 selalu mengalami penurunan setiap tahunnya. Secara keseluruhan, sebanyak 1.339 perusahaan memiliki nilai TE di rentang 0,5–1. Artinya, sebanyak 62,13% dari total 2.155 perusahaan dapat dikatakan efisien secara teknis dan hampir mendekati *fully efficient* (jika nilai TE = 1). Selanjutnya, selama periode 2010–2014 sebanyak 816 perusahaan memiliki nilai TE di rentang 0–0,4. Artinya, sebanyak 37,86% dari total 2.155 perusahaan masih jauh dari *fully efficient*. Untuk itu, dengan nilai rata-rata TE yang kurang dari 1 menunjukkan bahwa masih terdapat inefisiensi pada industri CPO di Indonesia.

Tabel 4: Technical Efficiency Change Industri CPO Indonesia, 2010–2014

Tahun	Rata-rata	Minimal	Maksimal
2010–2011	-0,115	-1,161	-0,055
2011–2012	-0,159	-0,223	-0,076
2012–2013	-0,219	-0,308	-0,104
2013–2014	-0,302	-0,424	-0,143
2010–2014	-0,199	-0,279	-0,094

Nilai TEC mengindikasikan bahwa suatu perusahaan bergerak menuju atau menjauh dari batas produksi. Tabel 4 menunjukkan hasil estimasi TEC industri CPO di Indonesia selama rentang tahun 2010–2014. Nilai Rata-rata TEC selama periode 2010–2014 selalu menunjukkan hasil yang negatif. Secara keseluruhan, nilai rata-rata TEC selama periode tersebut adalah sebesar -0,199, dengan nilai minimal sebesar -0,279 dan nilai maksimal adalah sebesar -0,094. Lebih jauh, jika dilihat dengan nilai maksimal tiap tahunnya, nilai TEC industri CPO di Indonesia masih menunjukkan nilai negatif. Artinya, secara keseluruhan industri CPO di Indonesia masih belum mencapai tingkat yang efisien. Berdasarkan hasil negatif yang terjadi terus-menerus tersebut menunjukkan bahwa perusahaan gagal untuk mewujudkan produktivitas yang maksimal melalui kombinasi input yang ada (Jondrow *et al.*, 1982). Shahabinejad *et al.* (2013) menyatakan bahwa *efficiency change* menjadi salah satu faktor utama penopang pertumbuhan produktivitas di negara-negara Asia, khususnya Indonesia. Sehingga, untuk itu perlu dilakukan peningkatan produktivitas dan efisiensi pada industri CPO di Indonesia (Abdul *et al.*, 2022).

3.2. *Technological Change (TC)*

Norhidayu *et al.* (2018) menyebutkan bahwa TC berkaitan dengan pemanfaatan teknologi yang efektif dan efisien. Untuk itu, TC pada akhirnya harus menjadi sumber utama pertumbuhan TFP. Berdasarkan hasil estimasi pada Tabel 5 menunjukkan bahwa rata-rata perubahan teknologi yang diakibatkan oleh perubahan waktu dan faktor input lainnya mengindikasikan nilai yang sangat rendah selama periode 2010–2014, yaitu sebesar -0,014. Sementara itu, jangkauan maksimal dan minimalnya masing-masing sebesar 0,197 dan -0,232. Hampir setiap tahun selama rentang periode 2010–2014 nilai TC menunjukkan hasil negatif, kecuali pada periode 2011–2012 yang menunjukkan nilai positif sebesar 0,004. Lebih jauh, jumlah perusahaan yang memiliki nilai TC di bawah 0 atau bernilai negatif terus meningkat tiap tahunnya. Secara keseluruhan, sebanyak 61,31% perusahaan dari total 1.724 perusahaan memiliki nilai TC di bawah 0. Di sisi lain, sebanyak 667 perusahaan memiliki nilai TC di atas 0 atau bernilai positif. Artinya, sebesar 38,69% dari total keseluruhan perusahaan memiliki perubahan teknis atau kemajuan teknologi, meskipun nilainya sangat kecil.

Tabel 5: *Technological Change* Industri CPO Indonesia, 2010–2014

Tahun	Jumlah Perusahaan		Rata-rata	Minimal	Maksimal
	<0	>0			
2010–2011	222	209	-0,001	-0,134	0,115
2011–2012	192	239	0,004	-0,16	0,116
2012–2013	235	196	-0,002	-0,147	0,197
2013–2014	408	23	-0,058	-0,232	0,08
2010–2014	1.057	667	-0,014	-0,232	0,197

Nilai TC yang negatif mengindikasikan terjadi kemunduran teknologi pada industri CPO di Indonesia. Salah satu penyebab terjadinya kemunduran teknologi adalah sebagian besar perusahaan di Indonesia masih menggunakan mesin lama untuk proses produksinya (Sari *et al.*, 2016). Hal ini menandakan bahwa perubahan teknologi sangat sedikit terjadi dan peluang untuk meningkatkan *output* secara optimal adalah sangat kecil. Kondisi ini menyebabkan kontribusi teknologi terhadap TFP juga relatif kecil. Namun demikian, rendahnya perubahan teknologi ini membuat perusahaan terpaksa harus melakukan peningkatan faktor produktivitas. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas adalah dengan membuat kebijakan guna mendorong inovasi teknologi pada sektor industri CPO di Indonesia (Norhidayu *et al.*, 2018) dan berinvestasi pada penelitian dan pengembangan (R&D) pada mesin yang digunakan sehingga dapat menghasilkan teknologi yang lebih efisien dan canggih (Islamiya *et al.*, 2022).

3.3. *Scale Efficiency Change (SEC)*

SEC merupakan salah satu komponen pada perubahan produktivitas yang berfungsi untuk menghitung skala ekonomi. Berdasarkan hasil estimasi pada Tabel 6,

menunjukkan bahwa rata-rata SEC tiap tahun selama periode 2010–2014 hampir selalu menunjukkan nilai negatif. Rata-rata nilai SEC selama periode 2010–2014 adalah sebesar $-0,005$. Sementara itu, nilai jangkauan minimal dan maksimalnya masing-masing adalah sebesar $-0,434$ dan $0,39$. Di sisi lain, apabila ditinjau dari aspek perubahan tahunan terdapat 1 periode yang memiliki nilai positif, yaitu pada periode 2012–2013 dengan nilai rata-rata SEC sebesar $0,005$. Namun, pada periode selanjutnya nilai rata-rata SEC kembali ke arah negatif. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Yasin (2022), nilai SEC yang negatif disebabkan oleh pemanfaatan mesin-mesin lama pada saat proses produksi sehingga perusahaan tidak dapat meningkatkan skala produksi karena kemampuan mesin yang terbatas. Lebih jauh, mesin-mesin yang berumur tua tersebut juga memiliki biaya perbaikan yang tidak murah sehingga menyebabkan nilai SEC suatu perusahaan mengalami penurunan atau bernilai negatif.

Tabel 6: Scale Efficiency Change Industri CPO Indonesia, 2010–2014

Tahun	Jumlah Perusahaan		Rata-rata	Minimal	Maksimal
	<0	>0			
2010–2011	290	141	-0,014	-0,239	0,255
2011–2012	192	239	-0,003	-0,356	0,261
2012–2013	188	243	0,005	-0,107	0,394
2013–2014	272	159	-0,006	-0,434	0,179
2010–2014	942	782	-0,005	-0,434	0,394

Ditinjau dari jumlah perusahaan, pada periode 2010–2011, jumlah perusahaan yang memiliki nilai lebih besar dari 0 atau bernilai positif adalah sebanyak 141 perusahaan. Jumlah tersebut mengalami peningkatan setiap tahunnya. Periode yang memiliki jumlah perusahaan bernilai positif paling banyak terjadi pada tahun 2012–2013 dengan jumlah 243 perusahaan. Secara keseluruhan, selama 2010–2014, jumlah perusahaan yang bernilai positif adalah sebanyak 782 perusahaan atau sebesar 45,36% dari total 1.724 perusahaan. Di sisi lain, masih terdapat perusahaan yang memiliki nilai SEC kurang dari 0 atau bernilai negatif. Pada tahun 2010–2011, jumlah perusahaan yang memiliki nilai SEC negatif adalah sebanyak 290 perusahaan. Jumlah tersebut selalu mengalami penurunan setiap tahunnya hingga periode 2012–2013 dengan jumlah perusahaan yang bernilai negatif adalah sebesar 188 perusahaan atau menurun sebesar 35% jika dibandingkan dengan periode awal. Namun, pada periode 2013–2014, jumlah perusahaan yang bernilai negatif meningkat kembali hingga menyentuh angka 272 perusahaan.

Perubahan yang sangat cepat tersebut disebabkan karena kombinasi antara input produksi dan teknologi yang digunakan belum efektif untuk menurunkan biaya produksi. Sehingga, mengakibatkan *output* tidak efisien dari sisi skala produksi. Lebih jauh, berdasarkan hasil penelitian Liu & Tsai (2021), nilai perubahan skala yang rendah dapat menghambat dan menyebabkan fluktuasi pada perubahan TFP. Sugiharti *et al.* (2017) menyebutkan bahwa meskipun suatu industri memiliki teknologi yang rendah, tapi mampu untuk melakukan kombinasi input

yang tepat, maka akan dapat mendorong *output* ke hasil yang optimal. Sehingga, untuk mengatasi hal tersebut diperlukan adanya peningkatan pada skala produksi industri CPO di Indonesia (Sari et al., 2021).

3.4. Total Factor Productivity (TFP)

Perhitungan nilai TFP diperoleh melalui penjumlahan komponen TEC, TC, dan SEC, sesuai dengan Persamaan (17) yang sudah dijelaskan pada bagian sebelumnya. Tabel 7 menunjukkan hasil estimasi TFP pada industri CPO selama periode 2010–2014. Rata-rata TFP industri CPO setiap tahun selama periode 2010–2014 selalu bernilai negatif. Namun demikian, nilai TFP positif masih ditemukan pada beberapa perusahaan yang mampu mengalokasikan *output* dengan baik. Hal ini tercermin dalam kolom maksimal yang mana selama kurun waktu 2010–2014 tingkat pertumbuhan TFP bernilai positif. Secara keseluruhan, nilai rata-rata TFP adalah sekitar -0,227 dengan nilai maksimal dan minimal yang diperoleh adalah 1,317 dan -2,245.

Tabel 7: Total Factor Productivity Industri CPO Indonesia, 2010–2014

Tahun	Jumlah Perusahaan		Rata-rata	Minimal	Maksimal
	<0	>0			
2010–2011	322	109	-0,163	-1,247	1,317
2011–2012	310	121	-0,158	-1,816	1,077
2012–2013	312	119	-0,159	-1,161	1,212
2013–2014	393	38	-0,429	-2,245	0,714
2010–2014	1.337	387	-0,227	-2,245	1,317

Ditinjau dari jumlah perusahaan, selama periode 2010–2014, jumlah keseluruhan perusahaan yang memiliki nilai di atas 0 atau bernilai positif adalah sebanyak 387 perusahaan. Artinya, sebesar 22,45% perusahaan memiliki produktivitas yang tinggi. Di sisi lain, jumlah perusahaan yang memiliki nilai di bawah 0 atau bernilai negatif selama periode tersebut adalah sebanyak 1.337 perusahaan. Artinya, sebesar 77,55% perusahaan masih memiliki produktivitas yang rendah. Tingkat produktivitas yang rendah ini juga mencerminkan input tidak dapat teralokasi secara baik sehingga pencapaian *output* yang optimal sulit untuk dijangkau.

Tabel 8: TFP dan Komponen Dekomposisi TFP Industri CPO Indonesia, 2010–2014

Tahun	TEC	TC	SEC	TFP
2010–2011	-0,115	-0,001	-0,014	-0,13
2011–2012	-0,159	0,004	-0,003	-0,162
2012–2013	-0,219	-0,002	0,005	-0,216
2013–2014	-0,302	-0,058	-0,006	-0,366
2010–2014	-0,199	-0,014	-0,005	-0,219

Secara keseluruhan, nilai rata-rata TFP industri CPO menunjukkan nilai negatif di tingkat perusahaan sehingga menyebabkan tingkat inefisiensi masih

ditemukan. Nilai negatif tersebut juga mengimplikasikan bahwa TEC, TC, dan SEC berpengaruh relatif lemah. Hal ini dapat terlihat pada Tabel 8, yang mana setiap tahunnya selama periode 2010–2014, nilai TEC selalu memperoleh hasil yang negatif. Sugiharti *et al.* (2017) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa nilai TEC yang rendah menunjukkan bahwa input tidak dapat menyesuaikan dengan perubahan teknologi, hal ini kemungkinan disebabkan karena rendahnya penyerapan teknologi oleh tenaga kerja. Hasil yang sama juga ditunjukkan pada TC dan SEC yang hampir setiap tahun memiliki nilai negatif, kecuali pada tahun 2011–2012 untuk TC dan 2012–2013 untuk SEC yang masih terdapat nilai positif. Secara keseluruhan, pertumbuhan TFP industri CPO di Indonesia lebih banyak didorong oleh TEC dibandingkan dengan TC dan SEC. Sehingga, untuk dapat meningkatkan pertumbuhan TFP, maka perlu untuk meningkatkan TEC.

3.5. Elastisitas

Tabel 9 menjelaskan tentang hasil estimasi elastisitas *output* terhadap masing-masing input yang digunakan pada industri CPO Indonesia selama periode 2010–2014 yang meliputi elastisitas modal, tenaga kerja, bahan baku, dan energi. Perhitungan elastisitas ini perlu dilakukan karena hasil estimasi fungsi produksi *translog* tidak dapat diinterpretasikan secara langsung secara ekonomi. Sehingga, perlu untuk dilakukan perhitungan elastisitas untuk mengetahui seberapa banyak *output* yang juga akan meningkat ketika penggunaan input meningkat (Sari *et al.*, 2016).

Hasil estimasi pada Tabel 9 menunjukkan bahwa rata-rata elastisitas input kapital selama rentang periode 2010–2014 adalah sebesar 0,106. Elastisitas input tenaga kerja adalah sebesar 0,073. Elastisitas input bahan baku sebesar 0,622 dan elastisitas input energi adalah sebesar 0,166. Lebih jauh, jumlah total rata-rata elastisitas seluruh input selama rentang periode 2010–2014 jika digabungkan adalah sebesar 0,967. Nilai elastisitas tersebut kurang dari *unitary* atau 1, artinya industri CPO di Indonesia dapat dikatakan *decreasing return to scale*. Ketika terjadi peningkatan 1 unit input, maka tidak sebanding dengan kenaikan *output* pada porsi yang sama.

Ditinjau dari jumlah perusahaan, selama periode 2010–2014, jumlah perusahaan yang memiliki nilai elastisitas total sama dengan 1 mengalami peningkatan setiap tahunnya. Secara keseluruhan, sebanyak 211 perusahaan memiliki nilai elastisitas total sama dengan 1. Artinya, sebesar 9,79% perusahaan dari total keseluruhan 2.155 perusahaan mengalami *constant return to scale*. Sehingga, ketika terjadi peningkatan 1 unit input, maka sebanding dengan kenaikan *output* pada porsi yang sama. Di sisi lain, sebanyak 1.944 perusahaan memiliki nilai elastisitas total kurang dari 1. Artinya, sebesar 90,21% perusahaan dari total 2.155 perusahaan mengalami *decreasing return to scale*. Sehingga, ketika terjadi peningkatan sebesar 1 unit input, maka tidak sebanding dengan kenaikan *output* pada porsi yang sama.

Berdasarkan nilai elastisitas *output* terhadap masing-masing input, elastisi-

Tabel 9: Elastisitas Industri CPO Indonesia, 2010–2014

Tahun	Elastisitas					Jumlah Perusahaan	
	ε_k	ε_l	ε_m	ε_e	ε_T	$\varepsilon_T < 1$	$\varepsilon_T = 1$
2010	0,152	0,046	0,541	0,21	0,951	424	7
2011	0,121	0,059	0,627	0,155	0,963	414	17
2012	0,092	0,072	0,693	0,114	0,972	382	49
2013	0,073	0,083	0,707	0,111	0,975	361	70
2014	0,088	0,103	0,542	0,238	0,973	363	68
\bar{x}	0,105	0,073	0,622	0,166	0,967	1.944	211

tas input bahan baku merupakan yang paling tinggi daripada elastisitas input lainnya. Sehingga, perubahan *output* lebih banyak didorong oleh bahan baku daripada modal, tenaga kerja, dan energi. Artinya, ketika terjadi pengurangan pada input bahan baku, maka akan sangat berpengaruh terhadap perubahan *output* industri CPO di Indonesia. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ikhsan (2007), Sari *et al.* (2016), Esquivias & Harianto (2020), dan Yasin (2022) yang juga menunjukkan bahwa elastisitas *output* dari input bahan baku memiliki koefisien elastisitas tertinggi. Selain itu, modal dan energi dipastikan memiliki proporsi yang sama dalam menyebabkan perubahan *output*. Di sisi lain, *output* tidak terlalu terdampak terhadap perubahan input tenaga kerja. Maka dari itu, pencapaian *output* yang terbaik dapat dilakukan dengan cara meningkatkan input bahan baku.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah secara keseluruhan, nilai rata-rata TEC industri CPO di Indonesia selalu mengalami penurunan dan memperoleh hasil yang negatif. Untuk itu, industri CPO di Indonesia dapat dikatakan belum efisien. Selanjutnya, hampir setiap tahun nilai TC selalu menunjukkan hasil negatif, kecuali pada periode 2011–2012 yang menunjukkan nilai positif, meskipun relatif rendah. Nilai TC yang negatif mengindikasikan terjadi kemunduran teknologi pada industri CPO di Indonesia. Salah satu penyebab terjadinya kemunduran teknologi adalah sebagian besar perusahaan masih menggunakan mesin lama untuk proses produksinya.

Rata-rata SEC hampir selalu menunjukkan nilai negatif, kecuali pada periode 2012–2013 yang memiliki nilai positif, meskipun tergolong rendah. Namun, pada periode selanjutnya, nilai rata-rata SEC kembali ke arah negatif. Perubahan yang sangat cepat tersebut disebabkan karena kombinasi antara input produksi dan teknologi yang digunakan belum efektif untuk menurunkan biaya produksi. Hal ini mengakibatkan *output* tidak efisien dari sisi skala produksi. Kemudian, secara keseluruhan, nilai rata-rata TFP industri CPO menunjukkan nilai negatif sehingga menyebabkan tingkat inefisiensi masih ditemukan. Nilai negatif tersebut juga mengindikasikan bahwa TEC, TC, dan SEC berpengaruh relatif lemah. Pertumbuhan TFP lebih banyak didorong oleh TEC dibandingkan dengan TC

dan SEC. Untuk itu, perlu dilakukan peningkatan TEC untuk meningkatkan pertumbuhan TFP industri CPO di Indonesia.

Terakhir, secara keseluruhan, nilai elastisitas industri CPO di Indonesia mengindikasikan terjadinya *decreasing return to scale*. Lebih jauh, hasil estimasi elastisitas *output* terhadap masing-masing input menunjukkan bahwa perubahan *output* lebih banyak didorong oleh perubahan input bahan baku daripada modal, tenaga kerja, dan energi. Untuk itu, dalam memperoleh *output* yang optimal harus melakukan peningkatan pada input bahan baku.

4.1. Saran

Hasil estimasi TEC, TC, SEC, dan TFP selama rentang periode 2010–2014 selalu memperoleh hasil negatif. Sehingga, perlu dilakukan kebijakan guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi industri CPO di Indonesia. Pertama, meningkatkan kualitas input yang digunakan pada saat proses produksi. Kedua, perlu adanya peremajaan mesin-mesin produksi melalui kebijakan pemerintah sehingga inovasi teknologi dapat tercapai untuk menghasilkan *output* yang optimal dan efisien. Terakhir, saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dapat lebih detail menjelaskan tentang dekomposisi TFP pada setiap provinsi penghasil industri CPO di Indonesia dan menggunakan data tahun yang terbaru sehingga dapat menghasilkan gambaran terkini terkait industri CPO di Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] Abdul, I., Wulan Sari, D., Haryanto, T., & Win, T. (2022). Analysis of factors affecting the technical inefficiency on Indonesian palm oil plantation. *Scientific Reports*, 12(1), 3381. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07113-7>.
- [2] Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37. doi: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5).
- [3] Ayompe, L. M., Schaafsma, M., & Egoh, B. N. (2021). Towards sustainable palm oil production: The positive and negative impacts on ecosystem services and human wellbeing. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123914. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123914>.
- [4] Bakhtiar, I., Suradiredja, D., Santoso, H., & Saputra, W. (eds.) (2019). *Hutan kita bersawit: "gagasan penyelesaian untuk perkebunan kelapa sawit dalam kawasan hutan*. Yayasan KEHATI.
- [5] Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00158774>.
- [6] Blanchard, O., & Johnson, D. R. (2013). *Macroeconomics* (6th edition). Pearson.
- [7] BPS. (2021). *Statistik kelapa sawit Indonesia 2020*. Badan Pusat Statistik.
- [8] Čechura, L. (2012). Technical efficiency and total factor productivity in Czech agriculture. *Agricultural Economics*, 58(4), 147-156. doi: 10.17221/56/2011-AGRICON.
- [9] Coelli, T., Estache, A., Perelman, S., & Trujillo, L. (2003). *A primer on efficiency measurement for utilities and transport regulators*. WBI Development Studies. The

- World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/979041468765575437/a-primer-on-efficiency-measurement-for-utilities-and-transport-regulators>.
- [10] Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis* (2nd edition). Springer.
- [11] Colchester, M., Chao, S., Dallinger, J., Sokhannaro, H. E. P., Dan, V. T., & Villanueva, J. (2011). *Eksansi kelapa sawit di Asia Tenggara: kecenderungan dan implikasi bagi masyarakat lokal dan masyarakat adat*. Forest Peoples Programme dan Sawit Watch. <https://www.forestpeoples.org/sites/fpp/files/publication/2012/10/bahasa-indonesia-version.pdf>.
- [12] Departemen Perindustrian. (2007). *Gambaran sekilas industri minyak kelapa sawit*. Pusat Data dan Informasi Departemen Perindustrian.
- [13] Esquivias, M. A., & Harianto, S. K. (2020). Does competition and foreign investment spur industrial efficiency?: firm-level evidence from Indonesia. *Heliyon*, 6(8), e04494. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04494>.
- [14] Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American Economic Review*, 84(1), 66-83. <https://www.jstor.org/stable/2117971>.
- [15] Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 120(3), 253-281. doi: <https://doi.org/10.2307/2343100>.
- [16] Hossain, M. K., Kamil, A. A., Baten, M. A., & Mustafa, A. (2012). Stochastic frontier approach and data envelopment analysis to total factor productivity and efficiency measurement of Bangladeshi rice. *PLoS ONE*, 7(10), e46081. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046081>.
- [17] Ikhsan, M. (2007). Total factor productivity growth in Indonesian manufacturing: a stochastic frontier approach. *Global Economic Review*, 36(4), 321-342. doi: <https://doi.org/10.1080/12265080701694488>.
- [18] Inubushi, K., Furukawa, Y., Hadi, A., Purnomo, E., & Tsuruta, H. (2003). Seasonal changes of CO₂, CH₄ and N₂O fluxes in relation to land-use change in tropical peatlands located in coastal area of South Kalimantan. *Chemosphere*, 52(3), 603-608. doi: [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00242-X](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00242-X).
- [19] Irawan, B., & Soesilo, N. I. (2021). Dampak kebijakan hilirisasi industri kelapa sawit terhadap permintaan CPO pada industri hilir. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik*, 12(1), 29-43. doi: [10.22212/jekp.v12i1.2023](https://doi.org/10.22212/jekp.v12i1.2023).
- [20] Islamiya, H. A. T., Sari, D. W., Yasin, M. Z., Restikasari, W., Shaari, M. S., & Susandika, M. D. (2022). Technical efficiency and productivity growth of crude palm oil: variation across years, locations, and firm sizes in Indonesia. *Economies*, 10(12), 303. doi: <https://doi.org/10.3390/economies10120303>.
- [21] Jamaludin, N. F., Muis, Z. A., & Hashim, H. (2019). An integrated carbon footprint accounting and sustainability index for palm oil mills. *Journal of Cleaner Production*, 225, 496-509. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.312>.
- [22] Jelita, N., Harianto, H., & Rifin, A. (2020). Efisiensi teknis, perubahan teknologi, dan produktivitas faktor total pabrik kelapa sawit di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 4(1), 210-218. doi: <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2020.004.01.19>.
- [23] Jondrow, J., Lovell, C. K., Materov, I. S., & Schmidt, P. (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *Journal of Econometrics*, 19(2-3), 233-238. doi: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(82\)90004-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(82)90004-5).

- [24] Kang, Z. N., & Kim, T. H. (2018). A comparative study of DEA-SFA for industry-level in China. *Journal of International Trade & Commerce*, 14(3), 17-31.
- [25] Kementan. (2017). *Outlook 2017 kelapa sawit: komoditas pertanian sub sektor perkebunan*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian.
- [26] Khatun, R., Reza, M. I. H., Moniruzzaman, M., & Yaakob, Z. (2017). Sustainable oil palm industry: The possibilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 608-619. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.077>.
- [27] Kodde, D. A., & Palm, F. C. (1986). Wald criteria for jointly testing equality and inequality restrictions. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 54(5), 1243-1248. doi: <https://doi.org/10.2307/1912331>.
- [28] Kumbhakar, S. C., Wang, H. J., & Horncastle, A. (2015). *A practitioner's guide to stochastic frontier analysis using Stata*. Cambridge University Press.
- [29] Liu, T., & Li, K. W. (2012). Analyzing China's productivity growth: Evidence from manufacturing industries. *Economic Systems*, 36(4), 531-551. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2012.03.003>.
- [30] Liu, J., Dong, C., Liu, S., Rahman, S., & Sriboonchitta, S. (2020). Sources of total-factor productivity and efficiency changes in China's agriculture. *Agriculture*, 10(7), 279. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture10070279>.
- [31] Liu, H., & Tsai, H. (2021). A stochastic frontier approach to assessing total factor productivity change in China's star-rated hotel industry. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 45(1), 109-132. doi: <https://doi.org/10.1177/109634802094>.
- [32] Margono, H., & Sharma, S. C. (2006). Efficiency and productivity analyses of Indonesian manufacturing industries. *Journal of Asian Economics*, 17(6), 979-995. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2006.09.004>.
- [33] Margono, H., Sharma, S. C., Sylwester, K., & Al-Qalawi, U. (2011). Technical efficiency and productivity analysis in Indonesian provincial economies. *Applied Economics*, 43(6), 663-672. doi: <https://doi.org/10.1080/00036840802599834>.
- [34] Mayashinta, W., & Firdaus, M. (2013). Faktor-faktor yang memengaruhi total factor productivity industri pertanian indonesia periode 1981-2010. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 10(2), 90-97. doi: <https://doi.org/10.17358/jma.10.2.90-97>.
- [35] Meeusen, W., & van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2), 435-444. doi: <https://doi.org/10.2307/2525757>.
- [36] Mukherjee, I., & Sovacool, B. K. (2014). Palm oil-based biofuels and sustainability in southeast Asia: A review of Indonesia, Malaysia, and Thailand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 1-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.001>.
- [37] Nayantakaningtyas, J. S., & Daryanto, H. K. (2012). Daya saing dan strategi pengembangan minyak sawit di Indonesia. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 9(3), 194-201. doi: <https://doi.org/10.17358/jma.9.3.194-201>.
- [38] Nicholson, W., & Snyder, C. (2012). *Microeconomic theory: basic principles and extensions* (11th edition). Cengage Learning.
- [39] Norhidayu, A., Azman, H., Balu, N., & Azman, I. (2018). Total factor productivity: how productive is the palm oil milling sector in Malaysia?. *Oil Palm Industry Economic Journal*, 16(2), 19-27.
- [40] Nuryartono, N., Pasaribu, S. H., & Panggabean, P. N. K. (2016). Total factor productivity analysis of oil palm production in Indonesia. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6(4), 1570-1577.

- [41] Purnomo, H., Okarda, B., Dermawan, A., Ilham, Q. P., Pacheco, P., Nurfatriani, F., & Suhendang, E. (2020). Reconciling oil palm economic development and environmental conservation in Indonesia: A value chain dynamic approach. *Forest Policy and Economics*, 111, 102089. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102089>.
- [42] Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2013). *Microeconomics* (8th edition). Pearson.
- [43] Roy, P. K., Das, P. S., & Pal, M. K. (2017). Decomposition of total factor productivity growth of the 2-digit manufacturing industries in West Bengal: A stochastic frontier approach. *Arthaniti-Journal of Economic Theory and Practice*, 16(1-2), 101-124. doi: <https://doi.org/10.1177/0976747920170104>.
- [44] Sari, D. W., Khalifah, N. A., & Suyanto, S. (2016). The spillover effects of foreign direct investment on the firms' productivity performances. *Journal of Productivity Analysis*, 46, 199-233. doi: <https://doi.org/10.1007/s11123-016-0484-0>.
- [45] Sari, D. W., Islamiya, H. A. T., Restikasari, W., & Salmah, E. (2021). The source of output growth: Productivity performance in the Indonesian crude palm oil industry. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 56(2), 405-418. doi: <https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.56.2.33>.
- [46] See, K. F., & Coelli, T. (2013). Estimating and decomposing productivity growth of the electricity generation industry in Malaysia: A stochastic frontier analysis. *Energy Policy*, 62, 207-214. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.115>.
- [47] Shahabinejad, V., Zare Mehrjerdi, M. R., & Yaghoubi, M. (2013). Total factor productivity growth, technical change and technical efficiency change in Asian economies: Decomposition analysis. *Iranian Journal of Economic Studies*, 2(2), 47-69. doi: [10.22099/ijes.2013.2719](https://doi.org/10.22099/ijes.2013.2719).
- [48] Sharma, S. C., Sylwester, K., & Margono, H. (2007). Decomposition of total factor productivity growth in US states. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 47(2), 215-241. doi: <https://doi.org/10.1016/j.qref.2006.08.001>.
- [49] Sugiharti, L., Purwono, R., Primanthi, M. R., & Padilla, M. A. E. (2017). Indonesian productivity growth: Evidence from the manufacturing sector in Indonesia. *Pertanika Journal of Social Science and Humanities*, 25(S), 29-44.
- [50] Surjaningsih, N., & Permono, B. P. (2014). Dinamika total factor productivity industri besar dan sedang Indonesia. *Buletin Ekonomi Moneter dan Perbankan*, 16(3), 277-308. doi: <https://doi.org/10.21098/bemp.v16i3.46>.
- [51] Szulczyk, K. R., & Khan, M. A. R. (2018). The potential and environmental ramifications of palm biodiesel: evidence from Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 203, 260-272. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.241>.
- [52] Umasri, V., & Malarvizhi, C. A. (2022). Stochastic Frontier Analysis (SFA) of production function of Micro Finance Institutions' (Mfis) in South Asia. *Webology*, 19(2), 2774-2884.
- [53] Yasin, M. Z. (2022). Technical efficiency and total factor productivity growth of Indonesian manufacturing industry: does openness matter?. *Studies in Microeconomics*, 10(2), 195-224. doi: <https://doi.org/10.1177/23210222211102>.
- [54] Zuhdi, D. A. F., Abdullah, M. F., Suliswanto, M. S. W., & Wahyudi, S. T. (2021). The competitiveness of Indonesian crude palm oil in international market. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 19(1), 111-124. doi: <https://doi.org/10.29259/jep.v19i1.13193>.

this page intentionally left blank