Shaleh dan Budiasih. *Kajian Ekonomi Keuangan Vol 7 No. 2 (2025)*
http://doi.org/10.31685/eb411j82

**Kajian Ekonomi & Keuangan**
http://fiskal.kemenkeu.go.id/ejournal/index.php/kek

# Inefisiensi Teknis Industri Pembuatan Logam Dasar Bukan Besi Indonesia Skala Sedang-Besar 2022

Landha Pratiwi Shaleh[1*], Budiasih[2]

* Email: landhaps19@gmail.com
[1,2] Jakarta, Politeknik Statistika STIS, 1333

**ABSTRAK**

Produksi industri pembuatan logam dasar bukan besi (nikel olahan, aluminium, timah, tembaga) di Indonesia menurun selama 2012-2022. Padahal di periode yang sama, cadangan mineral logam (bijih nikel, bijih bauksit, konsentrat timah, dan konsentrat tembaga) yang merupakan faktor produksinya mengalami peningkatan. Hal ini mengindikasikan adanya masalah inefisiensi dalam proses produksi industri pembuatan logam dasar bukan besi. Penelitian ini bertujuan: 1) menganalisis efisiensi teknis industri pembuatan logam dasar bukan besi Indonesia; (2) mengidentifikasi determinan inefisiensi teknis; serta (3) mengkaji kinerja industri tersebut dalam konteks kebijakan hilirisasi dan peningkatan daya saing nasional. *Raw data* yang digunakan bersumber dari Survei Tahunan Perusahaan Industri Manufaktur 2022 dengan metode *Stochastic Frontier Analysis*. Hasil penelitian menunjukkan terdapat inefisiensi teknis pada proses produksi industri pembuatan logam dasar bukan besi, dengan rata-rata efisiensi teknis sebesar 59,68%. Perusahaan industri berskala sedang dan tidak menerapkan inovasi justru memiliki inefisiensi teknis lebih rendah. Hilirisasi terbukti masih belum diikuti dengan peningkatan efisiensi teknis yang berisiko pada kalah saingnya produk logam Indonesia di pasar global. Perlu adanya peningkatan kualitas SDM, penguatan inovasi (terutama inovasi produk), dan optimalisasi pemanfaatan teknologi produksi.

**Kata kunci:** industri pembuatan logam dasar bukan besi; efisiensi teknis; SFA

***ABSTRACT***

*Production in Indonesia's non-ferrous basic metal manufacturing industry (processed nickel, aluminum, tin, and copper) declined during 2012–2022. In contrast, in the same period, reserves of metallic minerals (nickel ore, bauxite ore, tin concentrate, and copper concentrate), which serve as production inputs, increased. This indicates the presence of inefficiencies in the production process of the non-ferrous basic metal manufacturing industry. This study aims to: (1) analyze the technical efficiency of Indonesia's non-ferrous basic metal manufacturing industry; (2) identify the determinants of technical inefficiency; and (3) examine the performance of the industry in the context of downstreaming policies and the enhancement of national competitiveness. The raw data are collected from the 2022 Annual Survey of Manufacturing Industry and analyzed using the Stochastic Frontier Analysis method. The results show there is technical inefficiency in the production process of the non-ferrous basic metal manufacturing industry, with an average technical efficiency of 59.68%.*

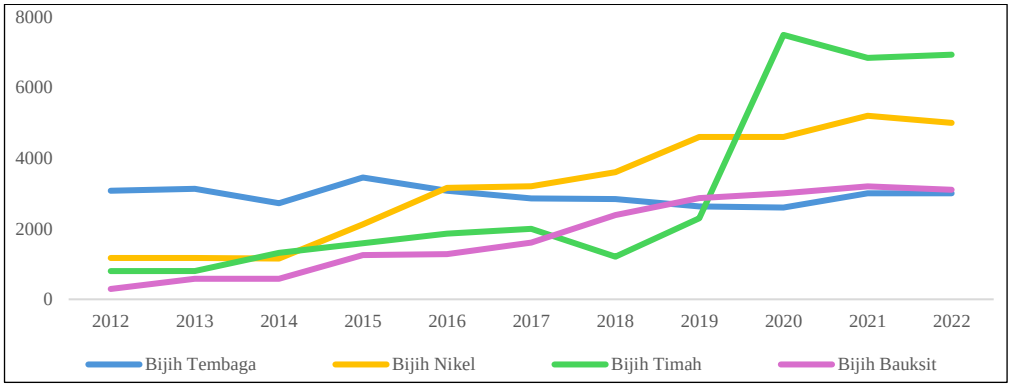
*Medium-scale firms and those not adopting innovation actually exhibit lower technical inefficiency. Downstreaming has not increased technical efficiency, potentially reducing the global competitiveness of Indonesian metal products. There is a need to improve the quality of human resources, strengthen innovation (particularly product innovation), and optimize the utilization of production technology.*

***Keywords**: non-ferrous basic metal manufacturing industry, technical inefficiency, SFA*

**JEL Classification :** D22; D24; L61

## 1. PENDAHULUAN

GAMBAR-1: Cadangan Mineral Logam Indonesia 2012-2022 (juta ton)



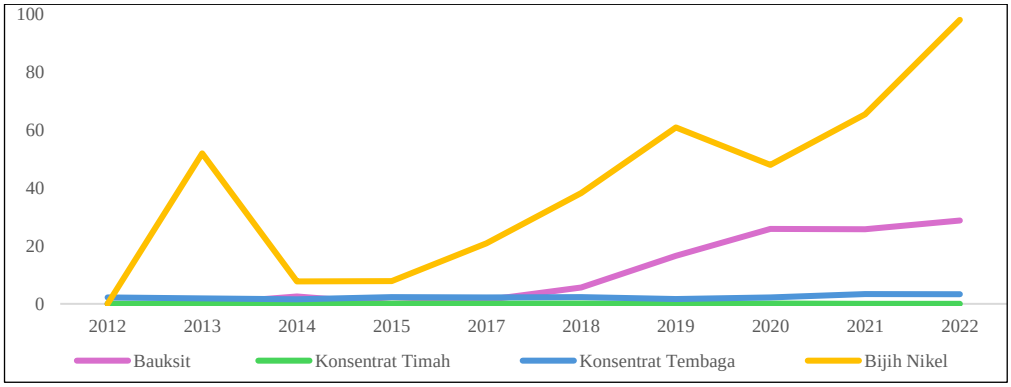

Sumber: Badan Geologi KESDM (diolah)

Sebagai negara dengan kekayaan alam melimpah, Indonesia memiliki banyak sumber daya alam yang bisa dimanfaatkan. Salah satunya adalah mineral logam, seperti nikel, tembaga, timah, dan bauksit. Menurut Kementrian Investasi dan Hilirisasi/Badan Koordinasi Penanaman Modal (2025), Indonesia memiliki cadangan nikel dunia terbesar pertama (42%), cadangan timah dunia terbesar kedua (16%), cadangan bauksit dunia terbesar keenam (4%), dan cadangan tembaga dunia terbesar kesebelas (3%). Berdasarkan data KESDM, cadangan bijih nikel, bijih timah, dan bijih bauksit Indonesia pada 2012–2022 menunjukkan tren peningkatan seperti Gambar 1. Sedangkan cadangan bijih tembaga mengalami sedikit penurunan pada 2015–2020, tetapi tidak terlalu signifikan. Kondisi ini menunjukkan Indonesia memiliki andil besar dalam rantai pasokan global melalui penyediaan bahan baku logam dunia (Radhica & Wibisana, 2023; KESDM dalam Elysabet & Hadiwijoyo, 2023; Saraswati et al., 2025).

Sangat dibutuhkannya nikel, tembaga, timah, dan bauksit di berbagai industri, membuatnya termasuk ke dalam mineral kritis seperti tercantum dalam Kepmen ESDM No.296.K/MB.01/MEM.B Tahun 2023. Mineral logam tersebut dibutuhkan di industri, seperti industri otomotif, infrastruktur, elektronik, kabel, dan kendaraan listrik. Terlebih lagi, di tengah isu perubahan lingkungan, pemanfaatan beberapa komoditas logam seperti nikel dan tembaga juga semakin ditingkatkan sebagai energi baru terbarukan (EBT) dalam mewujudkan *Net Zero Emissions* (NZE) pada 2060 (Kementerian Perdagangan RI, 2023; Alatas et al., 2023). Namun, pada konteks ekonomi berbasis sumber daya alam, tantangan terbesar bukan hanya pada ketersediaan bahan baku, tetapi juga pada kemampuan industri dalam mengonversi keunggulan komparatif menjadi keunggulan kompetitif melalui inovasi produksi dan efisiensi. Dalam hal ini, ketersediaan sumber daya yang melimpah belum tentu menjamin kinerja industri pengolahannya.

Langkah pemerintah untuk mengoptimalkan pemanfaatan kekayaan tersebut tidak hanya dilakukan dengan mengeruknya sebagai hasil tambang, tetapi juga mengolahnya menjadi barang setengah jadi untuk di ekspor maupun digunakan kembali dalam industri hilir tanah air untuk menghasilkan barang jadi. Sebagai langkah nyata, pemerintah mengeluarkan kebijakan hilirisasi mineral logam. Hal ini diwujudkan melalui target hilirisasi pada 21 komoditas di pemerintahan Jokowi dan pemerintahan Prabowo yang juga menargetkan hilirisasi 28 komoditas dengan 26 komoditas prioritas diantaranya mencakup nikel, timah, tembaga, dan bauksit (Kementrian Investasi/Badan Koordinasi Penanaman Modal, 2022; Kementrian Investasi dan Hilirisasi/Badan Koordinasi Penanaman Modal, 2025; Sekretariat Presiden RI, 2025).

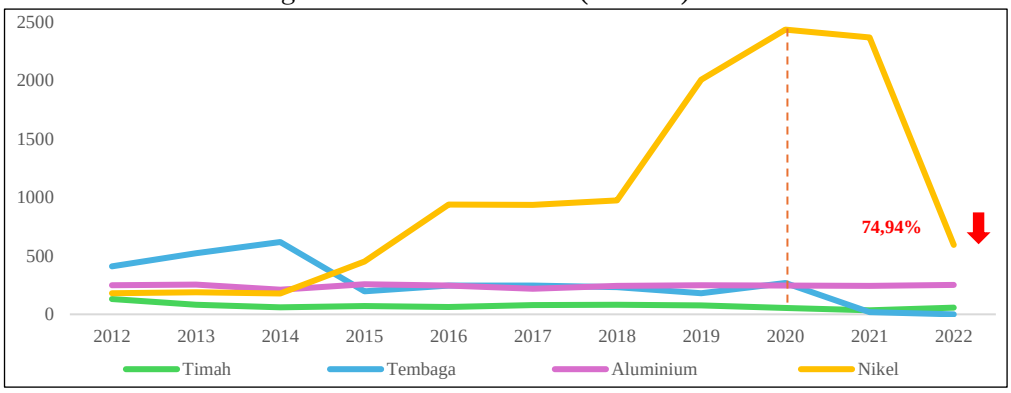
GAMBAR-1: Produksi Pertambangan Mineral Logam Indonesia 2012-2022 (juta ton)




Sumber: Badan Geologi KESDM (diolah)

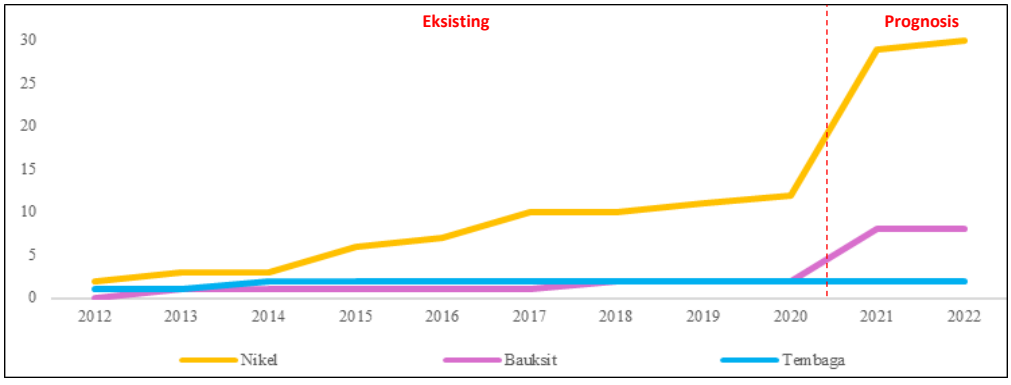
Menurut data Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, produksi pertambangan mineral logam yang mencakup bijih nikel, bauksit, konsentrat timah, dan konsentrat tembaga menunjukkan hasil yang cukup baik, terutama pada bijih nikel dan bauksit yang mengalami tren peningkatan selama 2012–2022, seperti pada Gambar 2. Lebih lanjut, pemerintah juga mengeluarkan regulasi ketat untuk mengatur ekspor hasil tambang mineral logam melalui Permen ESDM No. 17 Tahun 2020 dan Permen ESDM No. 11 Tahun 2019 yang melarang ekspor bijih nikel secara keseluruhan. Kondisi ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki input mineral logam yang melimpah untuk diolah lebih lanjut dalam industri logam dasar sebagai penyedia bahan baku industri hilir tanah air, maupun memenuhi permintaan ekspor.

GAMBAR-2: Produksi Logam Indonesia 2012-2022 (ribu ton)




Sumber: KESDM & USGS (diolah)

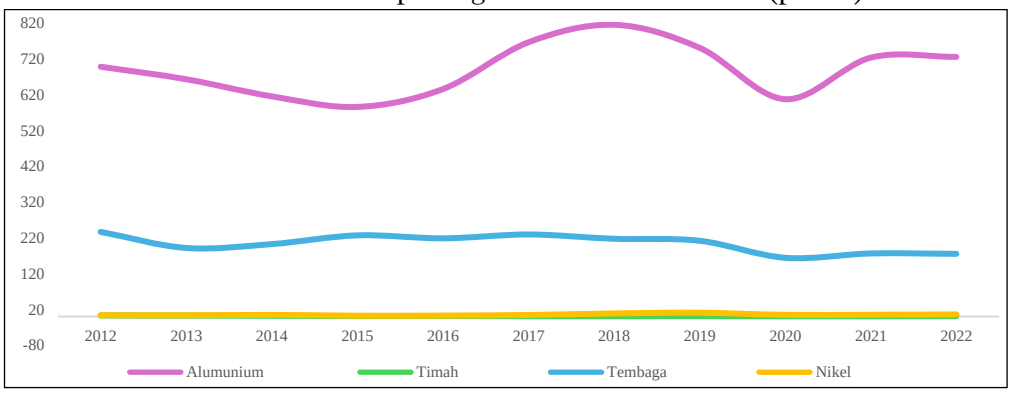
GAMBAR-3: Perkembangan Smelter di Indonesia 2012-2022 (unit)




Sumber: Ditjen Minerba KESDM (diolah)

Namun, jika dilihat hasil produksi logam pada Gambar 3, terlihat bahwa produksi logam timah selama 2012–2022 cenderung konstan. Hal yang sama juga terjadi pada produksi logam aluminium, padahal produksi tambang mineral logam bauksit sebagai bahan bakunya justru meningkat. Di sisi lain, produksi logam tembaga mengalami tren penurunan selama 2012–2022. Lebih lanjut, produksi logam nikel mengalami penurunan tajam pada 2022 hingga 75% dibandingkan tahun sebelumnya. Padahal, fasilitas pengolahan (smelter) untuk mengolah mineral logam tersebut terus berkembang, terutama smelter nikel dan bauksit, yang meningkat selama 2012–2022 seperti Gambar 4.

**GAMBAR-4: Persentase Volume Impor Logam Indonesia 2012-2022 (persen)**



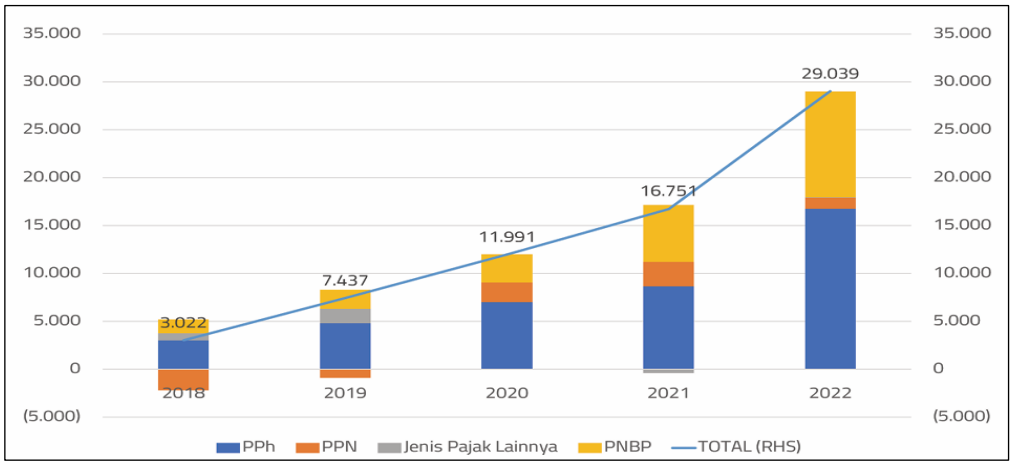

Sumber: Badan Pusat Statistik (diolah)

Meskipun ketersediaan mineral logam Indonesia untuk diolah dalam industri pembuatan logam dasar, khususnya industri pembuatan logam dasar bukan besi (KBLI 24202) melimpah, yang juga diikuti dengan perkembangan smelternya. Namun, hal tersebut belum diiringi dengan peningkatan output yang signifikan. Terlebih lagi, menurut data Badan Pusat Statistik, impor logam nikel, timah, tembaga, dan aluminium yang termasuk ke dalam hasil olahan industri pembuatan logam dasar bukan besi terus berlangsung setiap tahun dengan volume yang relatif konstan, seperti pada Gambar 5. Kondisi ini menunjukkan masih adanya celah yang belum dapat dipenuhi oleh produksi industri dalam negeri.

Hilirisasi diharapkan dapat meningkatkan efisiensi rantai produksi melalui integrasi secara vertikal antara industri pertambangan dengan industri pengolahan. Tidak seimbangnya antara input yang dimiliki Indonesia terhadap output yang dihasilkan diduga karena inefisiensi yang terjadi dalam proses produksi industri pembuatan logam dasar bukan besi untuk mengolah mineral logam hasil pertambangan menjadi logam dasar. Dalam konteks ini, inefisiensi yang terjadi merujuk pada efisiensi teknis, yaitu bagaimana suatu unit usaha dapat menghasilkan output maksimal dari input yang tersedia (Coelli et al., 2005).

Padahal, hilirisasi mineral logam berdampak besar terhadap total penerimaan negara. Dalam warta fiskal transformasi ekonomi Kemenkeu RI (2023), hilirisasi mineral logam, terutama hilirisasi nikel terbukti meningkatkan total penerimaan negara 9,6 kali lipat pada 2022 dibandingkan 2018, seperti pada Gambar 6. Secara detail, hilirisasi nikel meningkatkan penerimaan pajak sektor industri pembuatan logam dasar bukan besi 22,25 kali lipat pada 2022 dibandingkan 2018; dan peningkatan penerimaan negara bukan pajak (PNBP) 7,7 kali lipat pada 2022 dibandingkan 2018. Fakta ini menunjukkan bahwa sebenarnya hilirisasi mineral logam berkontribusi besar bagi pendapatan negara, walaupun output yang dihasilkannya masih belum optimal. Sehingga sangat penting untuk mengkaji efisiensi teknis usaha industri tersebut dalam menentukan strategi kedepannya yang lebih tepat dan meningkatkan daya saing industri.

**GAMBAR-5: Penerimaan Negara dari Nikel & Turunannya 2018-2022 (miliar rupiah)**




Sumber: Kemenkeu RI, 2023 (dalam Transformasi Fiskal APBN 2024)

Penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini adalah penelitian Charoenrat & Harvie (2014) dan Castiglione & Infante (2014) yang menggunakan *stochastic frontier analysis* (SFA) dalam menganalisis efisiensi teknis industri manufaktur. Penelitian Charoenrat & Harvie (2014) menggunakan modal dan tenaga kerja sebagai variabel input serta nilai tambah produksi sebagai variabel output. Sedangkan Castiglione & Infante (2014) menambahkan bahan baku pada variabel input dan produksi riil sebagai variabel outputnya. Selain itu, Castiglione & Infante (2014) juga menemukan bahwa usia perusahaan, ukuran perusahaan, RnD, dan inovasi dalam kemajuan teknologi memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi teknis industri manufaktur. Lebih lanjut, Rodríguez et al. (2021), Masunda & Choga (2021), dan Sahoo et al. (2020) juga menyatakan bahwa inovasi melalui kemajuan teknologi memiliki dampak positif terhadap efisiensi perusahaan.

Berdasarkan kajian dari penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian terkait efisiensi teknis industri pembuatan logam dasar bukan besi masih belum banyak dilakukan, bahkan belum ditemukan untuk lokus penelitian Indonesia. Adapun beberapa penelitian terkait industri pembuatan logam dasar bukan besi yang ditemukan, berfokus pada efisiensi energi dan bukan pada efisiensi teknis, seperti penelitian Zhong et al. (2021), Chen & Lin (2020a), Chen & Lin (2020b), dan Lin & Chen (2020). Lebih lanjut, penelitian yang benar-benar membahas efisiensi teknis industri pembuatan logam dasar bukan besi, yaitu penelitian Shao et al. (2016), He et al. (2014) dan Wei et al. (2013) berlokus di Tiongkok dengan tahun penelitian 2004—2013 pada penelitian Shao et al. (2016), 2006—2010 pada penelitian He et al. (2014), dan 2007—2011 pada penelitian Wei et al. (2013). Selain itu, seluruh penelitian terkait industri pembuatan logam dasar bukan besi yang ditemukan, menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA)—metode non-parametrik—yang belum dapat memisahkan komponen inefisiensi dan *noise*, serta tidak memungkinkan melakukan uji statistik dan analisis determinan inefisiensi.

Penelitian ini penting dilakukan mengingat sumber daya nikel, timah, bauksit, dan tembaga Indonesia begitu melimpah yang menjadikan Indonesia berkedudukan strategis dalam rantai pasokan global. Selain itu, keempat mineral tersebut juga merupakan komoditas hilirisasi mineral logam serta termasuk ke dalam mineral kritis yang bermanfaat bagi perekonomian dan pertahanan keamanan negara sehingga penting untuk meningkatkan daya saingnya. Hingga saat ini masih belum ditemukan penelitian yang membahas efisiensi teknis industri pembuatan logam dasar bukan besi yang menggunakan metode SFA dengan tahun penelitian yang terbaru, baik di luar negeri maupun di Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis efisiensi teknis industri pembuatan logam dasar bukan besi di Indonesia, (2) mengidentifikasi determinan inefisiensi teknis, serta (3) mengkaji kinerja industri tersebut dalam konteks kebijakan hilirisasi dan peningkatan daya saing nasional.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

**Industri Pembuatan Logam Dasar Bukan Besi**

Dalam Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI), industri pembuatan logam dasar bukan besi memiliki kode KBLI 24202 (Badan Pusat Statistik, 2020). Kelompok ini mencakup usaha pemurnian, pemaduan, peleburan, dan penuangan logam-logam bukan besi dalam bentuk dasar (ingot, pellet, billet, slab, block, batang, pig, paduan, sheet, dan bubuk) seperti ingot aluminium, ingot kuningan, ingot tembaga, ingot seng, ingot timah, pellet aluminium, pellet kuningan, billet aluminium, billet kuningan, slab aluminium, slab kuningan, batang aluminium, batang (rod) kuningan, paduan nikel, paduan perunggu, dan logam anti gesekan (bearing metal) serta paduan logam tanah jarang (15 unsur lantanida ditambah unsur yttrium dan scandium) dan logam tanah jarang.

**Produksi**

Produksi adalah proses mengubah input yang dilakukan dalam suatu perusahaan menjadi output, baik berupa barang maupun jasa. Input dalam kegiatan produksi disebut juga faktor produksi (Pyndick & Rubinfeld, 2013). Menurut Pyndick & Rubinfeld (2013), input dibagi menjadi tenaga kerja, bahan baku, dan modal. Hubungan antara output dan input dapat dituliskan sebagai berikut:

$$q = f(\boldsymbol{x}) \tag{1}$$

dimana $q$ merepresentasikan output dan $\boldsymbol{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)'$ adalah sebuah vektor input berukuran $Nx1$ (Coelli et al., 2005).

**Efisiensi Teknis**

Farrel (dalam Coelli et al., 2005) menyatakan efisiensi teknis sebagai kemampuan sebuah perusahaan menghasilkan output maksimal dari sebuah set input. Efisiensi teknis dapat diestimasi pada level individu ataupun perusahaan dengan fungsi produksi *frontier*. Aigner, et al. (1977) & Meeusen & van den Broeck (1977) (dalam Coelli et al., 2005) memutuskan bahwa fungsi produksi *frontier* untuk data *cross-section* pada *I* perusahaan adalah sebagai berikut:

$$ln\, q_i = \boldsymbol{x}_i'\boldsymbol{\beta} + v_i - u_i \text{ dengan } i = 1, \dots, I \tag{2}$$

dengan $q_i$ adalah output dari perusahaan ke$-i$; $\boldsymbol{x_i}$ adalah $K\ x\ 1$ vektor yang mengandung input dalam bentuk logaritma; $\boldsymbol{\beta}$ adalah vektor dari parameter yang tidak diketahui; $v_i$ adalah *noise*; dan $u_i$ adalah variabel acak non-negatif yang berhubungan dengan inefisiensi teknis. Nilai efisiensi teknis berada antara 0 dan 1 $(0 \leq ET \leq 1)$ dimana nilai 1 menandakan bahwa perusahaan sepenuhnya efisien secara teknis. Menurut Badan Pusat Statistik (2019), kategori efisiensi teknis $(ET)$ dapat dibedakan menjadi tiga menurut nilainya, yaitu $(ET < 0{,}5)$ efisiensi rendah; $(0{,}5 \leq ET \leq 0{,}75)$ efisiensi sedang; $(ET > 0{,}75)$ efisiensi tinggi. Adapun metode parametrik yang sering digunakan untuk menghitung efisiensi teknis ini adalah SFA.

***Stochastic Frontier Analysis* (SFA)**

SFA merupakan metode parametrik untuk mengukur fungsi produksi *frontier* stokastik dan inefisiensi teknis suatu unit usaha. Adapun stokastik *frontier* melibatkan dua komponen acak, yaitu komponen acak yang berasosiasi dengan inefisiensi teknis dan kesalahan acak tradisional (Battese & Coelli, 1991). Model fungsi produksi *frontier* stokastik untuk data *cross-section* pada *I* perusahaan seperti pada persamaan (3) mengandung sebuah kesalahan acak simetris untuk menghitung *statistical noise*. Model tersebut disebut sebagai fungsi produksi *frontier* stokastik karena mengandung variabel stokastik, yaitu $exp\,(\boldsymbol{x_i'\beta} + v_i)$. Nilai dari kesalahan acak tersebut dapat bernilai negatif atau positif sehingga output *frontier* stokastik bervariasi di sekitar bagian deterministik model, yaitu $exp\,(\boldsymbol{x_i'\beta})$. Dalam konteks ini, model *frontier* stokastik Cobb-Douglas adalah sebagai berikut:

$$ln\, q_i = \beta_0 + \beta_1 ln x_i + v_i - u_i \quad (3)$$

Jika tidak ada efek inefisiensi dimana $u_i = 0$, maka disebut dengan output *frontier* (Coelli et al., 2005). Adapun $u_i$ dinyatakan pada persamaan sebagai berikut:

$$u_i = \delta_0 + \sum_j \delta_j Z_{ji} + w_i \quad (4)$$

dengan $Z_{ji}$ adalah variabel independen ke-j yang berhubungan dengan inefisiensi teknis suatu unit usaha ke-i, $\delta_j$ adalah parameter yang belum diketahui, sedangkan $w_i$ adalah *random error* dari fungsi inefisiensi teknis. Lebih lanjut, efisiensi teknis dalam hal ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$TE_i = \frac{q_i}{exp\,(\boldsymbol{x_i'\beta} + v_i)} = \frac{exp\,(\boldsymbol{x_i'\beta} + v_i - u_i)}{exp\,(\boldsymbol{x_i'\beta} + v_i)} = exp(-u_i) \quad (5)$$

Rumus tersebut mengukur output perusahaan ke-*i* relatif terhadap output perusahaan saat sepenuhnya efisien dalam menggunakan vektor input yang sama.

**Faktor Produksi**

Faktor produksi adalah input yang digunakan untuk menghasilkan barang dan jasa (Mankiw, 2013). Menurut Mankiw (2013), terdapat dua faktor yang sangat penting dalam produksi, yaitu modal dan tenaga kerja. Lebih lanjut Pyndick & Rubinfeld (2013) menyatakan bahwa faktor produksi dapat dibagi menjadi tenaga kerja, bahan baku, dan modal. Sedangkan Coelli et al. (2005) menyatakan bahwa input melibatkan lima kategori, yaitu modal (*capital*), tenaga kerja (*labour*), energi (*energy*), input material (*material inputs*), dan biaya layanan (*purchaces services*). Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa faktor produksi seperti modal, tenaga kerja, bahan baku, dan energi berpengaruh signifikan dalam meningkatkan output. Modal terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap output menurut penelitian de la Fuente-Mella et al. (2020), Hailu & Tanaka (2015), Charoenrat & Harvie (2014), serta Le et al. (2018). Tenaga kerja juga berpengaruh positif signifikan terhadap produksi sebagaimana penelitian de la Fuente-Mella et al. (2020), Hailu & Tanaka (2015), Charoenrat & Harvie (2014), dan Pratiwi et al. (2014). Selanjutnya, biaya bahan baku umumnya berpengaruh positif terhadap output sebagaimana penelitian de la Fuente-Mella et al. (2020), Le et al. (2018), Hailu & Tanaka (2015), meskipun Pratiwi et al. (2014) menemukan pengaruh negatif yang signifikan. Selain itu, konsumsi energi juga terbukti berpengaruh positif signifikan terhadap produksi (de la Fuente-Mella et al., 2020; Hailu & Tanaka, 2015).

**Faktor Pengaruh Efisiensi Teknis**

Efisiensi teknis dapat dipengaruh oleh beberapa faktor diantaranya lama bulan produksi, ukuran perusahaan, *research and development* (RnD), dan inovasi. Menurut teori *learning curve*, semakin lama waktu yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk, maka hasil produksi yang dihasilkan akan menjadi lebih sedikit (Pyndick & Rubinfeld, 2013). Berdasarkan teori tersebut, jika perusahaan membutuhkan waktu lebih lama dalam menghasilkan suatu produk, maka efisiensinya akan cenderung menurun. Penelitian oleh Le et al. (2018) dan Pratiwi et al. (2014) menyatakan bahwa usia perusahaan tidak berpengaruh pada efisiensi perusahaan. Sedangkan menurut penelitian Charoenrat & Harvie (2014) dan Castiglione & Infante (2014), usia perusahaan memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi teknis.

Menurut Badan Pusat Statistik (2024), ukuran perusahaan atau skala industri dapat dibedakan menjadi sedang dan besar dimana industri sedang adalah perusahaan industri manufaktur dengan jumlah tenaga kerja kurang dari 99 orang. Sedangkan industri besar adalah perusahaan industri manufaktur dengan jumlah tenaga kerja lebih 99 orang. Penelitian Charoenrat & Harvie (2014) dan Castiglione & Infante (2014), menyatakan bahwa ukuran perusahaan memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi teknis dimana perusahaan besar memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan perusahaan kecil dan sedang. Selanjutnya, penelitian Castiglione & Infante (2014) menyatakan bahwa RnD berdampak positif yang sangat kuat terhadap efisiensi perusahaan melalui investasi teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Selain itu, penelitian Rodríguez Mestre et al. (2022), Rodríguez et al. (2021), Masunda & Choga (2021), Dzonzi-undi & Li (2016), Castiglione & Infante (2014), Pratiwi et al. (2014) menyatakan bahwa inovasi melalui kemajuan teknologi memiliki dampak positif terhadap efisiensi perusahaan.

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mencakup perusahaan industri pembuatan logam dasar bukan besi di Indonesia tahun 2022. Penelitian ini hanya berfokus pada variasi efisiensi antar unit usaha. Data sekunder dengan tipe data *cross section* yang dibutuhkan bersumber dari Survei Tahunan Perusahaan Industri Manufaktur Badan Pusat Statistik Tahun 2022. Adapun setelah proses *cleaning* data dengan menghapus unit observasi yang mengandung nilai nol, unit observasi penelitian ini hanya berjumlah 47 dari 138 observasi. Namun jumlah tersebut masih relevan untuk digunakan pada penelitian *cross section* ini, seperti menurut Roscoe (1975, dalam Sekaran & Bougie, 2016). Selain itu, alasan penggunaan data tahun 2022 karena produksi logam Indonesia mengalami penurunan tajam seperti pada Gambar 3 dan merupakan tahun terbaru data yang tersedia untuk survei ini.

Data pada penelitian ini meliputi variabel yang menggambarkan proses input, output, dan karakteristik usaha. Penelitian ini menggunakan nilai produksi sebagai variabel dependen, serta nilai modal, jumlah tenaga kerja, biaya pengeluaran energi, dan biaya pengeluaran bahan baku sebagai variabel independen. Lebih lanjut, variabel karakteristik usaha mencakup *dummy* lama waktu beroperasi dalam setahun (12 bln = 0; <12 bln = 1), *dummy* ukuran perusahaan (besar = 0; sedang = 1), *dummy research and development* (ya = 0; tdk = 1), dan *dummy* inovasi (ya = 0; tdk = 1). Penggunaan variabel karakteristik perusahaan pada penelitian ini bersumber dari penelitian-penelitian sebelumnya dan disesuaikan dengan ketersediaan data dari sumber data yang digunakan.

Metode analisis yang digunakan mencakup analisis deskriptif dengan menganalisis kondisi dari variabel-variabel yang digunakan dan juga analisis inferensia dengan menggunakan *Stochastic Frontier Analysis* (SFA). Penggunaan metode parametrik ini bertujuan untuk mengatasi keterbatasan metode non-parametrik pada penelitian sebelumnya yang belum dapat memisahkan komponen inefisiensi dan *noise*, serta tidak memungkinkan melakukan uji statistik dan analisis determinan inefisiensi.. Proses analisis penelitian ini menggunakan Frontier 4.1 dan

Microsoft Office Excel. Analisis deskriptif bertujuan melihat gambaran umum karakteristik usaha industri pembuatan logam dasar bukan besi Indonesia yang meliputi lama bulan produksi dalam setahun, ukuran perusahaan, kegiatan RnD, dan kegiatan inovasi. Lebih lanjut, analisis inferensia bertujuan menganalisis efisiensi teknis perusahaan industri pembuatan logam dasar bukan besi Indonesia. Adapun persamaan fungsi produksi *stochastic frontier* dalam penelitian ini sebagai berikut:

$$ln\, Q_i = \beta_0 + \beta_1\, ln\, K_i + \beta_2\, ln\, L_i + \beta_3\, ln\, RM1_i + \beta_4\, ln\, RM2_i + v_i - u_i \quad (6)$$

dengan

$\ln Q_i$ : logaritma natural nilai produksi unit usaha ke-i
$\ln K_i$ : logaritma natural nilai modal unit usaha ke-i
$\ln L_i$ : logaritma natural jumlah tenaga kerja unit usaha ke-i
$\ln RM1_i$ : logaritma natural nilai pengeluaran energi unit usaha ke-i
$\ln RM2_i$ : logaritma natural nilai pengeluaran bahan baku unit usaha ke-i
$v_i$ : *noise* unit usaha ke-i
$u_i$ : inefisiensi teknis unit usaha ke-i
$\beta_0$ : intersep (hasil logaritma natural dari A)
$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ : koefisien parameter variabel input
$i$ : unit usaha $(i = 1,..,47)$

Lebih lanjut, untuk mengetahui determinan efisiensi teknis pada usaha industri ini, fungsi inefisiensi teknis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$u_i = \delta_0 + \delta_1 Age_i + \delta_2 Size_i + \delta_3 RnD_i + \delta_4 Inov_i + w_i \quad (7)$$

dengan

$u_i$ : inefisiensi teknis unit usaha ke-i
$Age_i$ : lama bulan produksi unit usaha ke-i selama satu tahun (1:<12 Bln; 0:=12 Bln)
$Size_i$ : ukuran perusahaan unit usaha ke-i (1:Sedang; 0:Besar)
$RnD_i$ : kegiatan *research & development* unit usaha ke-i (1:Tdk; 0:Ya)
$Inov_i$ : kegiatan inovasi unit usaha ke-i (1:Tdk; 0:Ya)
$\delta_0$ : intersep
$\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ : koefisien parameter variabel penjelas
$w_i$ : *random error* fungsi inefisiensi teknis unit usaha ke-i
$i$ : unit usaha $(i = 1,..,47)$

Langkah-langkah analisis inferensia melalui SFA dengan fungsi produksi Cobb-Douglas adalah sebagai berikut:

**1. Uji keberadaan inefisiensi teknis**

Uji keberadaan inefisiensi teknis bertujuan mengidentifikasi ada tidaknya inefisiensi teknis selama kegiatan produksi. Hipotesis uji ini adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \sigma_u^2 = 0$$
$$H_1 : \sigma_u^2 > 0$$

Statistik uji pada pengujian ini adalah *likelihood ratio test* yang mengikuti distribusi *Mixed Chi-Square* dengan rumus sebagai berikut:

$$LR = -2\left\{\frac{L(H_0)}{L(H_1)}\right\} = -2\{L(H_0) - L(H_1)\} \sim Mixed\ \chi^2_{(df)} \quad (8)$$

dengan $L(H_0)$ merupakan nilai log likelihood fungsi produksi yang diestimasi menggunakan OLS pada saat inefisiensi tidak dimasukkan ke dalam model. Sedangkan, $L(H_1)$ merupakan nilai log likelihood saat fungsi produksi *stochastic frontier* yang diestimasi menggunakan *maximum likelihood* saat memasukkan inefisiensi ke dalam model. Nilai kritis dari

statistik uji dapat dilihat pada table Kodde dan Palm dengan derajat bebas jumlah restriksi pada estimasi menggunakan Frontier 4.1. Jika nilai LR melebihi nilai kritis *Mixed* $\chi^2_{(1-2\alpha;df)}$, maka hipotesis nol ditolak yang berarti cukup bukti untuk menyatakan adanya efek inefisiensi teknis dalam model (Coelli et al., 2005).

**2. Uji distribusi inefisiensi teknis**

Uji distribusi inefisiensi teknis bertujuan mengetahui distribusi yang tepat dari $u_i$, yaitu distribusi *truncated normal* atau *half normal* sehingga menghasilkan model yang tepat dalam pengujian inefisiensi. Hipotesis pada uji ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H_0: \mu = 0$$
$$H_1: \mu > 0$$

Statistik uji pada pengujian ini adalah *likelihood ratio test* dengan rumus sebagai berikut:

$$LR = -2\left\{\frac{L(H_0)}{L(H_1)}\right\} = -2\{L(H_0) - L(H_1)\} \sim \chi^2_{(1)} \quad (9)$$

dimana $L(H_0)$ adalah nilai log likelihood pada output final MLE *estimates* dengan asumsi $u_i$ berdistribusi *half normal*, sedangkan $L(H_1)$ adalah nilai log likelihood pada output final MLE *estimates* dengan asumsi $u_i$ berdistribusi *truncated normal*. Jika nilai LR melebihi nilai kritis $\chi^2_{(1-\alpha;1)}$, maka hipotesis nol ditolak yang berarti cukup bukti untuk menyatakan efek inefisiensi berdistribusi *truncated normal*.

**3. Uji signifikansi parameter pada estimasi fungsi produksi *stochastic frontier* dan inefisiensi teknis**

Uji signifikansi parameter bertujuan mengetahui signifikansi variabel pada fungsi produksi *stochastic frontier* dan fungsi inefisiensi teknis melalui uji t. Hipotesis uji ini untuk fungsi produksi *stochastic frontier* adalah sebagai berikut:

$$H_0: \beta_j = 0, j = 1,2,\dots,k$$
$$H_1: \beta_j \neq 0, j = 1,2,\dots,k$$

Statistik uji t dapat dituliskan sebagai berikut (Coelli et al., 2005):

$$t_{stat} = \frac{\hat{\beta}_j}{se(\hat{\beta}_j)} \sim t_{(n-k-1)} \quad (10)$$

Sedangkan hipotesis yang digunakan untuk fungsi inefisiensi adalah sebagai berikut:

$$H_0: \delta_j = 0, j = 1,2,\dots,k$$
$$H_1: \delta_j \neq 0, j = 1,2,\dots,k$$

Statistik uji t dapat dituliskan sebagai berikut (Coelli et al., 2005):

$$t_{stat} = \frac{\hat{\delta}_j}{se(\hat{\delta}_j)} \sim t_{(n-k-1)} \quad (11)$$

Jika nilai statistik uji melebihi nilai $t_{\left(1-\frac{\alpha}{2};n-k-1\right)}$, maka hipotesis nol ditolak yang berarti cukup bukti untuk menyatakan parameter berpengaruh signifikan terhadap model yang digunakan. Adapun penelitian ini menggunakan fungsi produksi *stochastic frontier* yang dikembangkan oleh Battese dan Coelli (1995) dengan spesifikasi fungsi produksi Cobb-Douglas yang dituliskan sebagai berikut:

$$\ln \widehat{Q}_i = \widehat{\beta_0} + \widehat{\beta_1}\, lnK_i + \widehat{\beta_2}\, lnL_i + \widehat{\beta_3}\, lnRM1_i + \widehat{\beta_4}\, lnRM2_i \quad (12)$$

Lebih lanjut, estimasi fungsi inefisiensi teknis penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$\widehat{u_i} = \widehat{\delta_0} + \widehat{\delta_1} Age_i + \widehat{\delta_2} Size_i + \widehat{\delta_3} RnD_i + \widehat{\delta_4} Inov_i \quad (13)$$

4. Efisiensi Teknis

Nilai efisiensi teknis dalam hal ini dapat dihitung seperti pada persamaan (5). Penghitungannya adalah sebagai berikut:

$$TE_i = \frac{q_i}{exp\,(\boldsymbol{x_i'\beta}+v_i)} = \frac{exp\,(\beta_0+\beta_1\,ln\,K_i+\beta_2\,ln\,L_i+\beta_3\,ln\,RM1_i+\beta_4\,ln\,RM2_i+v_i-u_i)}{exp\,(\beta_0+\beta_1\,ln\,K_i+\beta_2\,ln\,L_i+\beta_3\,ln\,RM1_i+\beta_4\,ln\,RM2_i+v_i)} = exp(-u_i) \quad (14)$$

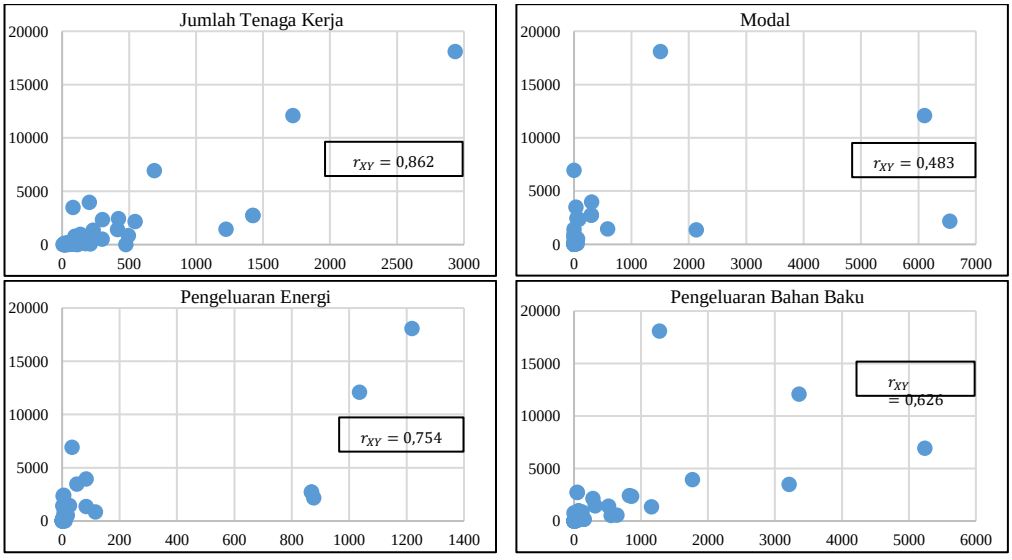
## 4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Karakteristik Usaha Industri Pembuatan Logam Dasar Bukan Besi

Karakteristik input usaha industri ini ditunjukkan pada Gambar 7 berikut. Terlihat bahwa jumlah tenaga kerja, pengeluaran tenaga kerja, pengeluaran energi, pengeluaran bahan baku, dan modal memiliki hubungan positif terhadap nilai produksi. Hal ini menandakan bahwa peningkatan faktor produksi cenderung akan diikuti dengan peningkatan output produksi. Lebih lanjut, terlihat bahwa terdapat beberapa input pada unit usaha yang nilainya besar tetapi hanya menghasilkan output yang kecil. Kemungkinan hal ini dikarenakan inefisiensi penggunaan faktor produksi. Temuan ini menjadi indikasi kuat adanya inefisiensi teknis dalam kegiatan produksi industri ini dan harus dilakukan analisis lebih lanjut untuk membuktikan kebenarannya.

Adapun nilai korelasi pearson tertinggi adalah antara jumlah tenaga kerja dengan nilai produksi yang termasuk korelasi kuat $(0{,}8 < |r_{XY}| \leq 1)$. Sedangkan, nilai korelasi pearson terendah adalah antara modal dan nilai produksi yang termasuk korelasi lemah $(0 < |r_{XY}| \leq 0{,}5)$. Sementara itu, korelasi antara pengeluaran energi dan pengeluaran bahan baku terhadap nilai produksi termasuk korelasi sedang $(0{,}5 < |r_{XY}| \leq 0{,}8)$. Kuatnya korelasi antara jumlah tenaga kerja dengan nilai produksi mengindikasikan bahwa industri ini merupakan industri padat karya. Sebaliknya, lemahnya korelasi antara modal dengan nilai produksi mengindikasikan bahwa modal belum sepenuhnya terserap secara produktif dalam kegiatan produksi.

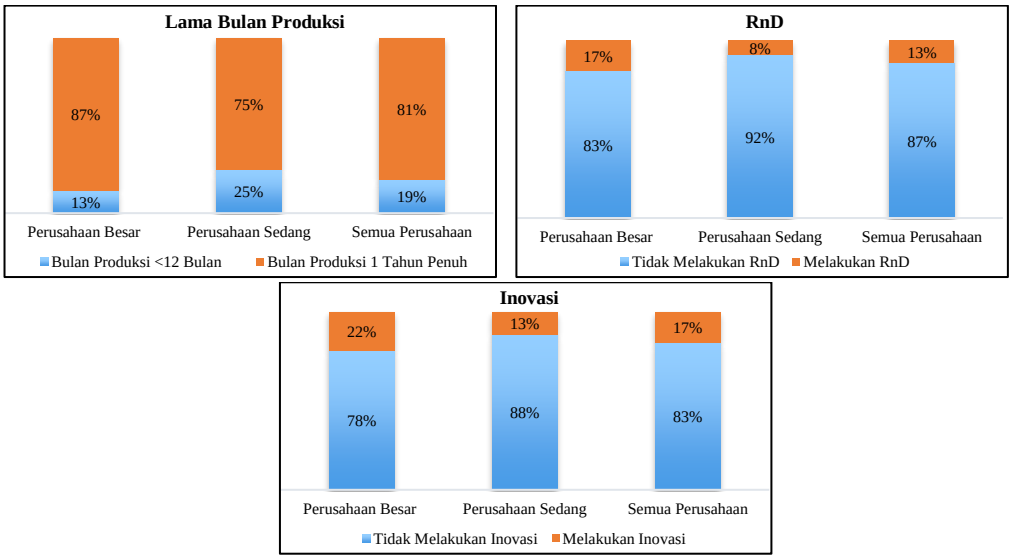
GAMBAR-6: *Scatter Plot* Karakteristik Input terhadap Output




Sumber: Hasil Olahan

Karakteristik determinan inefisiensi teknis usaha industri ini ditunjukkan pada Gambar 8 berikut. Terlihat bahwa secara keseluruhan, mayoritas perusahaan melakukan kegiatan produksi selama satu tahun penuh, tidak melakukan kegiatan RnD, dan tidak melakukan kegiatan inovasi. Hal yang sama juga terjadi di masing-masing perusahaan besar dan sedang. Adapun jika dilihat lebih detail, persentase perusahaan besar yang melakukan produksi selama satu tahun penuh, melakukan kegiatan RnD, dan berinovasi lebih tinggi dibandingkan persentase pada perusahaan sedang. Kondisi ini mengindikasikan bahwa ukuran perusahaan berpengaruh terhadap kemampuan suatu perusahaan dalam melakukan kegiatan investasi berbasis pengetahuan, yaitu RnD dan inovasi. Perusahaan besar cenderung memiliki kemampuan finansial maupun sumber daya manusia yang lebih memadai untuk mendukung kegiatan RnD dan inovasi. Sedangkan, perusahan sedang cenderung memiliki keterbatasan finansial dan tenaga ahli sehingga kegiatan RnD dan inovasi relatif rendah. Adanya keterbatasan dalam investasi berbasis pengetahuan ini berpotensi menimbulkan inefisiensi dan menghambat daya saing nasional industri ini.

GAMBAR-7: Karakteristik Determinan Inefisiensi Teknis




Sumber: Hasil Olahan

## 4.2 Variabel Pendorong Output Usaha Industri Pembuatan Logam Dasar Bukan Besi

Tahapan pertama dalam pengukuran efisiensi teknis dengan metode analisis SFA adalah pengujian keberadaan efek inefisiensi teknis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai statistik hitung *likelihood ratio* (LR) adalah 16,283 lebih besar dari nilai kritis *Mixed Chi-Square* (0,9;6) 11,911 sehingga keputusan yang diperoleh adalah tolak Ho. Hal ini menunjukkan bahwa pada tingkat signifikansi 5 persen, terdapat inefisiensi teknis pada kegiatan produksi usaha industri pembuatan logam dasar bukan besi. Dengan kata lain, kegiatan produksi usaha industri ini masih belum sepenuhnya efisien, dimana masih terdapat *gap* antara output aktual dan output potensial yang dapat dicapai dengan kombinasi input yang sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa efisiensi industri ini masih dapat ditingkatkan sehingga penting untuk mengetahui determinan inefisiensinya guna merumuskan strategi peningkatan kinerja produksi yang tepat.

TABEL-1: Pengujian Keberadaan Efek Inefisiensi Teknis

| Hipotesis | Fungsi Log Likelihood | LR Statistik | Nilai Kritis | Keputusan |
|---|---|---|---|---|
| $H_0 : \sigma_u^2 = 0$ | −84,0760 | 16,2833 | $Mixed\ \chi^2_{(0,9;6)} = 11,911$ | Tolak Ho |
| $H_1 : \sigma_u^2 > 0$ | −75,9343 | | | |

Sumber: Output FRONTIER 4.1

http://doi.org/10.31685/eb411j82

Tahapan selanjutnya adalah pengujian distribusi efek inefisiensi teknis yang menunjukkan bahwa nilai statistik hitung adalah 7,6405 lebih besar dari nilai kritis *Chi-Square* (0,95;1) 3,841 sehingga keputusan yang diperoleh adalah tolak Ho. Hal ini menunjukkan bahwa pada tingkat signifikansi 5 persen, distribusi dari inefisiensi teknis pada kegiatan produksi usaha industri pembuatan logam dasar bukan besi adalah *truncated-normal* $\left(u_i \sim iid N^{+}(\mu, \sigma_u^2)\right)$. Dengan kata lain, rata-rata inefisiensi teknis pada kegiatan produksi antar unit usaha industri ini adalah tidak sama dengan nol.

**TABEL-2: Pengujian Distribusi Efek Inefisiensi Teknis**

| Hipotesis | Fungsi Log Likelihood | LR Statistik | Nilai Kritis | Keputusan |
|---|---|---|---|---|
| $H_0 : \mu = 0$ | $-84{,}0542$ | 7,6405 | $\chi^2_{(0{,}95;1)} = 3{,}841$ | Tolak Ho |
| $H_1 : \mu > 0$ | $-80{,}2339$ | | | |

Sumber: Output FRONTIER 4.1

Hasil estimasi fungsi produksi *stochastic frontier* pada Tabel 3 menunjukkan bahwa pada tingkat signifikansi 5 persen, input biaya modal, jumlah tenaga kerja, dan biaya pengeluaran energi memiliki pengaruh yang signifikan dan positif terhadap output. Sedangkan untuk input biaya pengeluaran bahan baku berpengaruh signifikan dan positif terhadap output pada tingkat signifikansi 10 persen. Hasil ini sejalan dengan Gambar 7 di atas yang menunjukkan bahwa seluruh input memiliki hubungan positif terhadap output. Dengan kata lain, peningkatan input biaya modal, jumlah tenaga kerja, biaya pengeluaran bahan baku, dan biaya pengeluaran energi akan meningkatkan nilai produksi industri ini. Adapun fungsi produksi usaha industri ini berdasarkan output FRONTIER 4.1 pada Tabel 3 adalah sebagai berikut:

$$ln\,\hat{Q}_i = -0{,}1535 + 0{,}1806\,ln\,K_i^{**} + 0{,}9674\,ln\,L_i^{**} + 0{,}3383\,ln\,RM1_i^{**} + 0{,}1587\,ln\,RM2_i^{*} \quad (15)$$

Nilai elastisitas tertinggi adalah jumah tenaga kerja dengan nilai 0,9674 yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 persen tenaga kerja akan meningkatkan nilai produksi sebesar 0,97 persen dengan asumsi input lainnya tetap. Selanjutnya, nilai elastisitas biaya pengeluaran energi adalah 0,3383 yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 persen biaya pengeluaran energi akan meningkatkan nilai produksi sebesar 0,34 persen dengan asumsi input lainnya tetap. Adapun elastisitas output terhadap biaya modal bernilai 0,1806 yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 persen biaya modal akan meningkatkan output nilai produksi sebesar 0,18 persen dengan asumsi input lainnya tetap. Lebih lanjut, nilai elastisitas output terhadap biaya pengeluaran bahan baku sebesar 0,1587 yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 persen biaya pengeluaran bahan baku akan meningkatkan nilai produksi sebesar 0,16 persen dengan asumsi input lainnya tetap.

Selain itu, hasil penjumlahan nilai elastisitas output terhadap input menghasilkan nilai skala pengembalian (*return to scale*) sebesar 1,645. Nilai tersebut menunjukkan skala pengembalian usaha industri ini adalah *increasing return to scale* (IRS) yang mengimplikasikan jika input ditingkatkan sebesar $x$ kali lipat, output nilai produksi yang dihasilkan akan meningkat lebih dari $x$ kali. Adapun nilai MRTS (*marginal rate of technical substitution*) yang dihasilkan sebesar 5,3566. Nilai ini menunjukkan besarnya modal yang harus dikurangi jika tenaga kerja bertambah satu unit adalah 5,357 unit agar output tetap sama. Hal ini menunjukkan bahwa tenaga kerja sangat fleksibel dalam mensubtitusi modal pada usaha industri pembuatan logam dasar bukan besi Indonesia. Kondisi ini menandakan bahwa industri ini merupakan industri padat karya yang berarti produktivitas industri ini sangat bergantung pada kualitas dan jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam proses produksi. Hasil ini sejalan dengan temuan deskriptif pada Gambar 7 di atas, bahwa antara tenaga kerja dengan nilai produksi memiliki korelasi kuat.

Pemodelan dengan SFA ini juga menghasilkan nilai parameter *sigma square* dan *gamma*. Nilai koefisiensi *sigma square* yang dihasilkan sebesar 1,6402 dan signifikan pada tingkat signifikansi 5 persen yang berarti terdapat varians komponen inefisiensi dalam varians total residual model.

Hal ini menunjukkan kegiatan produksi usaha industri ini memang belum sepenuhnya efisien. Lebih lanjut, nilai koefisien *gamma* sebesar 0,0072 juga signifikan pada tingkat signifikansi 5 persen. Nilai tersebut relatif kecil yang berarti bahwa 0,0072 variasi adanya inefisiensi pada kegiatan produksi diakibatkan oleh faktor internal. Hal ini menunjukkan bahwa model kurang cukup menjelaskan variasi adanya inefisiensi teknis di usaha industri ini. Kondisi ini kemungkinan karena variabel penjelas yang digunakan kurang dapat menangkap inefisiensi teknis yang terjadi ataupun karena keterbatasan jumlah observasi.

**TABEL-3: Estimasi parameter fungsi produksi *stochastic frontier* Cobb-Douglas**

| Variabel | Estimasi Parameter | Koefisien | Statistik-t | *p-value* |
|---|---|---|---|---|
| ***Stochastic Frontier*** | | | | |
| Intersep | $\beta_0$ | -0,1535 | -0,1492 | 0,8821 |
| Ln Biaya Modal | $\beta_1$ | 0,1806 | 2,0531** | 0,0463** |
| Ln Jumlah Tenaga Kerja | $\beta_2$ | 0,9674 | 3,6703** | 0,0007** |
| Ln Biaya Pengeluaran Energi | $\beta_3$ | 0,3383 | 2,9547** | 0,0051** |
| Ln Biaya Pengeluaran Bahan Baku | $\beta_4$ | 0,1587 | 1,8811* | 0,0669* |
| **Inefisiensi Teknis** | | | | |
| Intersep | $\delta_0$ | 2,5780 | 2,4321** | 0,0194** |
| Lama Bulan Produksi (1:<12 Bln; 0:=12 Bln) | $\delta_1$ | 0,7635 | 1,2257 | 0,2272 |
| *Research & Development* (1:Tdk; 0:Ya) | $\delta_2$ | 0,6650 | 0,6658 | 0,5092 |
| Inovasi (1:Tdk; 0:Ya) | $\delta_3$ | -2,2309 | -2,6161** | 0,0123** |
| Ukuran Perusahaan (1:Sedang; 0:Besar) | $\delta_4$ | -1,9081 | -3,3059** | 0,0019** |
| **Parameter Varians** | | | | |
| *Sigma Square* | $\sigma^2$ | 1,6402 | 4,2578** | 0,0001** |
| *Gamma* | $\gamma$ | 0,0072 | 8,3153** | 0,0000** |

Sumber: Output FRONTIER 4.1

Keterangan: **sig.$\alpha = 0{,}05$ (5%); *sig.$\alpha = 0{,}1$ (10%)

### 4.3 Variabel yang Berpengaruh terhadap Inefisiensi Teknis Usaha Industri Pembuatan Logam Dasar Bukan Besi

Berdasarkan Tabel 3, hasil estimasi model inefisiensi teknis pada tingkat signifikansi 5 persen menunjukkan bahwa inefisiensi teknis pada usaha ini hanya dipengaruhi oleh inovasi dan ukuran perusahaan. Sedangkan, variabel lama bulan produksi dan *research and development* tidak berpengaruh signifikan terhadap inefisiensi teknis. Adapun estimasi fungsi inefisiensi teknis usaha industri ini yang diperoleh dari output FRONTIER 4.1 pada Tabel 3 adalah sebagai berikut:

$$\hat{u}_i = 2{,}5780^{**} + 0{,}7635\ Age_i + 0{,}6650\ RnD_i - 2{,}2309\ Inov_i^{**} - 1{,}9081\ Size_i^{**} \quad (16)$$

Nilai koefisien dari inovasi sebesar -2,2309 menunjukkan rata-rata nilai inefisiensi teknis usaha industri yang tidak melakukan kegiatan inovasi (*dummy* = 1) lebih rendah 2,2309 dibandingkan usaha industri yang melakukan kegiatan inovasi (*dummy* = 0). Dengan kata lain, usaha industri yang melakukan kegiatan inovasi memiliki nilai inefisiensi teknis yang lebih tinggi dibandingkan yang tidak melakukan kegiatan inovasi. Walaupun inovasi secara umum berhubungan dengan peningkatan efisiensi dan hal ini bertentangan dengan sebagian besar penelitian, tetapi hal ini dapat dikarenakan tidak efisiennya kegiatan inovasi yang dilakukan perusahaan dimana biaya yang dikeluarkan dalam melakukan inovasi jauh lebih besar dibandingkan manfaat yang diperoleh, seperti yang dikatakan Cruz-Cázares et al. (2013). Implementasi inovasi mengakibatkan peningkatan biaya jangka pendek, tetapi belum tentu memperoleh manfaatnya dengan cepat. Lebih lanjut, kondisi ini juga dapat disebabkan karena inovasi yang dilakukan oleh usaha industri ini merujuk kepada inovasi proses, bukan inovasi produk. Hal ini dapat terlihat dari perkembangan smelter di industri ini seperti pada Gambar 4.

Menurut Koellinger (2008), inovasi proses membutuhkan waktu lama dalam memberikan keuntungan positif dibandingkan dengan inovasi produk karena inovasi proses melekat dalam organisasi dan bergantung dengan sumber daya spesifik lain sehingga hasilnya bisa menjadi tidak maksimal jika aset pelengkap tersebut tidak ada atau belum cukup berkembang.

Nilai koefisien dari ukuran perusahaan sebesar -1,9081 menunjukkan bahwa rata-rata nilai inefisiensi teknis usaha industri dengan kategori perusahaan sedang (*dummy* = 1) lebih rendah 1,9081 dibandingkan usaha industri dengan kategori perusahaan besar (*dummy* = 0). Dengan kata lain, usaha industri yang termasuk kategori perusahaan besar memiliki nilai inefisiensi teknis lebih tinggi dibandingkan usaha industri dengan kategori perusahaan sedang. Hal ini sesuai dengan penelitian Castiglione & Infante (2014) dan Charoenrat & Harvie (2014) bahwa perusahaan yang lebih kecil (perusahaan sedang) lebih cepat dalam beradaptasi dengan teknologi informasi yang baru dibandingkan perusahaan besar. Selain itu, perusahaan yang lebih kecil (perusahan sedang) juga lebih mudah beradaptasi terhadap perubahan pasar dengan fleksibilitas dalam menyesuaikan input produksi yang lebih besar sehingga biaya yang dibutuhkan menjadi lebih rendah dalam menghadapi perubahan pasar dan guncangan ekonomi.

Nilai koefisien lama bulan produksi sebesar 0,7635 tetapi tidak signifikan terhadap inefisiensi teknis usaha industri ini. Hal ini berlawanan dengan penelitian Charoenrat & Harvie (2014) dan Castiglione & Infante (2014) bahwa lama bulan produksi akan berpengaruh terhadap *learning by doing* dan *accumulated knowledge effect* yang selanjutnya akan berpengaruh terhadap teknologi yang digunakan dalam proses produksi untuk meningkatkan efisiensi. Tidak signifikannya lama bulan produksi terhadap inefisiensi teknis kemungkinan besar dikarenakan hampir seluruh unit usaha ini telah menggunakan teknologi modern (smelter) dalam kegiatan produksi. Hal ini dikarenakan industri ini mengolah mineral logam yang menjadi bagian dari hilirisasi mineral logam tanah air sehingga pengadaan teknologi modern, yaitu smelter dalam proses produksi turut didukung oleh pemerintah melalui dukungan kebijakan, pemberian insentif, dan kemudahan perizinan.

Nilai koefisien RnD sebesar 0,6650 tetapi tidak signifikan terhadap inefisiensi teknis. Hal tersebut berlawanan dengan penelitian Castiglione & Infante (2014). Tidak signifikannya RnD terhadap inefisiensi teknis kemungkinan besar dikarenakan diperlukannya waktu dalam mengimplementasikan hasil RnD. Inovasi yang dihasilkan dari proses RnD membutuhkan waktu untuk dapat diadopsi dan diintegrasikan dalam proses produksi perusahaan sehingga RnD tidak dapat menghasilkan efek secara instan. *Lagged effect* dari RnD industri terhadap profitabilitas berbentuk seperti lonceng (*bell-shaped*) dengan rata-rata *lag* selama 6-7 tahun (Ravenscraft & Scherer, 1982). Selain itu, RnD juga melibatkan biaya jangka pendek (*short-term costs*) dan investasi RnD yang tidak menghasilkan inovasi merupakan biaya hangus (*sunk costs*) yang tidak dapat meningkatkan kinerja perusahaan (Koellinger dalam Cruz-Cázares et al., 2013).

### 4.4 Implikasi terhadap Kebijakan Hilirisasi dan Daya Saing Industri Pembuatan Logam Dasar Bukan Besi

Gambaran umum efisiensi teknis pada Tabel 4 menunjukkan bahwa mayoritas usaha industri pembuatan logam dasar bukan besi Indonesia masih belum dapat memanfaatkan input yang tersedia sebaik mungkin dalam menghasilkan output semaksimal mungkin. Hal tersebut karena lebih dari 50 persen usaha industri ini memiliki tingkat efisiensi teknis yang tergolong rendah, yaitu ET kurang dari 0,5. Kondisi ini mengartikan bahwa efisiensi teknis dalam proses produksi di industri ini masih perlu ditingkatkan.

**TABEL-4: Persentase Kategori Efisiensi Teknis**

| Kategori Efisiensi Teknis | Persentase (%) |
|---|---|
| (1) | (2) |
| Rendah ($ET < 0{,}5$) | 53,19 |

| | |
|---|---|
| Sedang $(0{,}5 \leq ET \leq 0{,}75)$ | 2,13 |
| Tinggi $(ET > 0{,}75)$ | 44,68 |

Sumber: Hasil Olah Data

Adapun rata-rata nilai efisiensi teknis yang dimiliki oleh usaha industri ini sebesar 0,5968 yang termasuk efisiensi teknis kategori sedang. Lebih lanjut, nilai efisiensi teknis tertinggi adalah 1, seperti ditunjukkan Tabel 5. Sedangkan nilai efisiensi teknis terendah adalah 0,0387. Hal ini memperlihatkan *gap* yang sangat jauh terkait kemampuan unit usaha industri ini dalam melakukan kegiatan produksi. Dengan kata lain, masih terdapat unit usaha industri yang kemampuan memanfaatkan inputnya sangat rendah sehingga belum bisa menghasilkan output semaksimal mungkin. Dengan demikian, potensi peningkatan efisiensi teknis di industri ini masih sangat besar.

**TABEL-5: Ringkasan Nilai Efisiensi Teknis**

| Keterangan | Nilai Efisiensi Teknis |
|---|---|
| Rata-rata | 0,5968 |
| Tertinggi | 1,0000 |
| Terendah | 0,0387 |

Sumber: Hasil Olah Data

Temuan tersebut menunjukkan bahwa kebijakan hilirisasi mineral logam masih belum diikuti dengan peningkatan efisiensi teknis di industri pengolahan, tepatnya industri pembuatan logam dasar bukan besi. Hilirisasi bertujuan meningkatkan nilai tambah domestik melalui pengurangan ekspor bahan mentah dan pembangunan smelter. Nyatanya, temuan ini menunjukkan bahwa ekspansi kapasitas fisik industri (smelter) belum secara otomatis meningkatkan efisiensi teknis. Kesenjangan dalam kemampuan mengelola modal, tenaga kerja, dan bahan baku masih menjadi hambatan utama. Terlebih lagi, dari temuan pada subbagian sebelumnya menunjukkan bahwa industri ini merupakan industri padat karya, sehingga sangat penting untuk fokus dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusia.

Dalam konteks daya saing industri nasional, rendahnya efisiensi teknis berarti bahwa biaya produksi per unit masih tinggi. Meskipun memiliki bahan baku melimpah, hal ini berisiko terhadap kalah saingnya produk logam Indonesia di pasar global. Fokus kebijakan perlu bergeser dari sekadar pembangunan smelter menuju peningkatan efisiensi di tingkat perusahaan agar hilirisasi benar-benar mendorong keunggulan kompetitif. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa kesuksesan hilirisasi tidak hanya diukur dari peningkatan smelter. Namun, dari seberapa efisien industri mampu mengubah input menjadi output bernilai tambah tinggi. Peningkatan efisiensi teknis menjadi prasyarat penting dalam mentransformasi keunggulan komparatif Indonesia dalam sumber daya mineral menjadi keunggulan kompetitif yang berkelanjutan di pasar global.

## 5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kinerja produksi industri pembuatan logam dasar bukan besi Indonesia relatif belum optimal. Hal ini ditunjukkan oleh 53,19 persen efisiensi teknis usaha industri ini berkategori rendah dan rata-rata efisiensi teknis yang hanya 59,68 persen. Industri dengan kategori perusahaan sedang dan tidak melakukan kegiatan inovasi cenderung memiliki efisiensi teknis yang tinggi. Dukungan dalam bentuk smelter dan pembatasan ekspor bahan mentah rupanya masih belum cukup dalam mensukseskan hilirisasi mineral logam tanah air. Peningkatan daya saing industri perlu diarahkan pada peningkatan kualitas sumber daya manusia, penguatan inovasi (terutama inovasi produk), dan optimalisasi pemanfaatan teknologi produksi.

Secara umum, perusahaan dapat membuat divisi inovasi dalam mengeksekusi ide-ide baru, baik berupa produk baru, efisiensi proses, peningkatan kualitas, maupun model bisnis. Selain itu,

perusahaan sebaiknya juga melakukan evaluasi kegiatan produksi secara berkala dalam mengidentifikasi hambatan maupun pemborosan. Lebih lanjut, perusahaan besar sebaiknya melakukan studi banding *(benchmarking)* proses produksi dan praktik manajemen ke perusahaan sedang untuk mempelajari dan menerapkan strategi adaptasi terhadap teknologi baru dan guncangan pasar. Di sisi lain, perusahaan sedang perlu didorong dalam meningkatkan keunggulan efisiensi teknisnya melalui penguatan manajemen dan peningkatan kapasitas teknologi untuk tetap kompetitif seiring dengan potensi ekspansi skala usaha.

Dalam mendukung hal tersebut, pemerintah dapat berperan aktif dengan memberikan penyuluhan berupa *workshop* kepada perusahaan terkait kegiatan inovasi dan peningkatan kualitas tenaga kerja. Selanjutnya, pemerintah dapat memberikan insentif fiskal berupa *tax holiday* untuk mendorong perusahaan melakukan kegiatan inovasi. Lebih lanjut, perlu adanya kolaborasi antara pemerintah dengan asosiasi industri logam dasar untuk memperluas sertifikasi dan program pelatihan teknis dalam meningkatkan kualitas tenaga kerja secara berkelanjutan—baik bagi operator, teknisi, dan tenaga kerja produksi.

Secara keseluruhan, penelitian ini terbatas pada data *cross section* sehingga tidak dapat menangkap dinamika efisiensi teknis antar waktu dan berpotensi terjadinya bias endogenitas akibat faktor-faktor yang tidak teramati dan kemungkinan adanya hubungan dua arah antara karakteristik perusahaan dan tingkat efisiensi teknis. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data panel untuk analisis secara longitudinal dan mengombinasikan pendekatan kuantitatif dengan fungsi produksi yang lebih fleksibel, seperti fungsi produksi translog. Selain itu, diperlukan juga pendekatan kualitatif untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif dan kontekstual terhadap faktor-faktor yang belum sepenuhnya tertangkap dalam penelitian kuantitatif.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

Alataş, S., Hiçyılmaz, B., & Karakaya, E. (2024). Material demand and material efficiency for sustainable development in the European Union countries: A stochastic frontier analysis. *Sustainable Development*, *32*(1), 166–183. https://doi.org/10.1002/sd.2648

Badan Pusat Statistik. (2019). *Analisis Efisiensi Industri Manufaktur*. BPS.

Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Industri Manufaktur Indonesia Tahun 2022*. BPS.

Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1991). FRONTIER PRODUCTION FUNCTIONS , TECHNICAL EFFICIENCY AND PANEL DATA : WITH APPLICATION TO PADDY FARMERS IN INDIA. *Department of Econometrics University of New England, Australia*, *November*.

Castiglione, C., & Infante, D. (2014). ICTs and time-span in technical efficiency gains. A stochastic frontier approach over a panel of Italian manufacturing firms. *Economic Modelling*, *41*, 55–65. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.04.021

Charoenrat, T., & Harvie, C. (2014). The efficiency of SMEs in Thai manufacturing: A stochastic frontier analysis. *Economic Modelling*, *43*, 372–393. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.08.009

Chen, X., & Lin, B. (2020a). Assessment of eco-efficiency change considering energy and environment: A study of China's non-ferrous metals industry. *Journal of Cleaner Production*, *277*, 123388. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123388

Chen, X., & Lin, B. (2020b). Energy and CO2 emission performance: A regional comparison of China's non-ferrous metals industry. *Journal of Cleaner Production*, *274*, 123168. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123168

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis* (Second Edi).

Cruz-Cázares, C., Bayona-Sáez, C., & García-Marco, T. (2013). You Can't Manage Right What You Can't Measure Well: Technological Innovation Efficiency. *Research Policy*, *42*(6–7), 1239–1250.

https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.03.012

de la Fuente-Mella, H., Luis Rojas Fuentes, J., & Leiva, V. (2020). Econometric modeling of productivity and technical efficiency in the Chilean manufacturing industry. *Computers and Industrial Engineering*, *139*. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.04.006

Dzonzi-undi, J., & Li, S. (2016). Safety and environmental inputs investment effect analysis: Empirical study of selected coal mining firms in china. *Resources Policy*, *2*(2), 178–186. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.02.002

Elysabet, & Hadiwijoyo, S. S. (2023). 93 vol. 5 no. 2, desember 2023. *Jurnal Ilmiah Widya Sosiopolitika*, *5*(2), 93–103. https://doi.org//10.24843/JIWSP.2023.v05.i02.p01

Hailu, K. B., & Tanaka, M. (2015). A "true" random effects stochastic frontier analysis for technical efficiency and heterogeneity: Evidence from manufacturing firms in Ethiopia. *Economic Modelling*, *50*, 179–192. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.06.015

He, W., Hao, R., Deng, P., & Wang, H. (2014). An empirical analysis of production efficiency of the non-ferrous metal industry. *Journal of Scientific and Industrial Research*, *73*(8), 505–509.

Kemenkeu RI. (2023). Transformasi Ekonomi (APBN 2024). In *Badan Kebijakan Fiskal-Kementerian Keuangan RI*. fiskal.kemenkeu.go.id

Kementerian Perdagangan RI. (2023). Trade Post: Transisi Energi dan Peningkatan Permintaan Komoditas Logam serta Posisi Indonesia sebagai Produsen Nikel Dunia. In *Badan Kebijakan Perdagangan: Vol. II*. https://bkperdag.kemendag.go.id/media_content/2023/06/tradepost__20230627112551tradeposte-magazineedisijuni2023.pdf

Kementrian ESDM. (2022). Masa Transisi Energi Menuju Net Zero Emission. *Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi (EBTKE)*, 3091. https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/02/21/3091/masa.transisi.energi.menuju.net.zero.emission?lang=id

Kementrian Investasi/Badan Koordinasi Penanaman Modal. (2022). Peta Jalan (Roadmap) Hilirisasi investasi Strategis (HIS). *Kementerian Investasi/BKPM*, 1–19. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

Kementrian Investasi dan Hilirisasi/Badan Koordinasi Penanaman Modal. (2025). Kebijakan Hilirisasi & Industrialisasi dalam Mendorong Percepatan Pembangunan sesuai Potensi Daerah. *Menteri Investasi Dan Hilirisasi/Badan Koordinasi Penanaman Modal*. http://eprints.ipdn.ac.id/20098/

Koellinger, P. (2008). The relationship between technology, innovation, and firm performance-Empirical evidence from e-business in Europe. *Research Policy*, *37*(8), 1317–1328. https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.04.024

Le, V., Vu, X. B. (Benjamin), & Nghiem, S. (2018). Technical efficiency of small and medium manufacturing firms in Vietnam: A stochastic meta-frontier analysis". *Economic Analysis and Policy*, *59*, 84–91. https://doi.org/10.1016/j.eap.2018.03.001

Lin, B., & Chen, X. (2020). How technological progress affects input substitution and energy efficiency in China: A case of the non-ferrous metals industry. *Energy*, *206*, 118152. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118152

Mankiw, N. G. (2013). *MACROECONOMICS* (Eighth Edi).

Masunda, S., & Choga, I. (2021). Impact of trade liberalization on technical efficiency of mining sector : A case of selected SADC countries. *Problems and Perspectives in Management*, *19*(4), 362–374. https://doi.org/10.21511/ppm.19(4).2021.29

Pratiwi, A. M., Bendesa, I. K. G., & Yuliarmi, N. (2014). Analisis Efisiensi dan Produktivitas Industri

Besar dan Sedang di Wilayah Provinsi Bali ( Pendekatan Stochastic Frontier Analysis ) Region Province Bali ( Stochastic Frontier Analysis Approach ). *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, *7*(1), 73–79.

Pyndick, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2013). *MICROECONOMICS* (Eighth Edi).

Radhica, D. D., & Wibisana, R. A. A. (2023). Proteksionisme Nikel Indonesia dalam Perdagangan Dunia. *Cendekia Niaga. Journal of Trade Development and Studies*, *7*(1), 74–84. https://doi.org/10.52391/jcn.v7i1.821

Ravenscraft, D., & Scherer, F. M. (1982). The lag structure of returns to research and development. *Applied Economics*, *14*(6), 603–620. https://doi.org/10.1080/00036848200000036

Rodríguez Mestre, L., Marrero Ancízar, Y., & Luz Reynaldo Argüelles, C. (2022). Evaluation of Efficiency in The Nickel Mining in Cuba. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, *10*(10), 128–135. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_101_0_128

Rodríguez, X. A., Loureiro, M. L., & Arias, C. (2021). Measuring productivity in the extractive industries. Evidence from Spanish fluorite mining. *Resources Policy*, *73*. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102187

Sahoo, A. K., Sahoo, D., & Sahu, N. C. (2020). Productivity growth and policy changes : A decomposition analysis of Indian metallic mining. *Journal of Public Affairs*, *20*(3), 1–12. https://doi.org/10.1002/pa.2118

Saraswati, D. P., Darmastuti, S., Nidatya, N., & Jasmine, D. (2025). Peran Strategis Indonesia dalam Geopolitik Transisi Energi di Bidang Sumber Daya Mineral. *Khatulistiwa: Jurnal Pendidikan Dan Sosial Humaniora*, *5*(2), 599–615. https://doi.org//10.55606/khatulistiwa.v5i2.5967

Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research Methods for Business* (Seventh Ed). Wiley.

Sekretariat Presiden RI. (2025). Percepatan Hilirisasi Nasional, Pemerintah Siap Jalankan 21 Proyek Strategis - Sekretariat Kabinet Republik Indonesia. *Sekretariat Presiden RI*. https://www.presidenri.go.id/siaran-pers/percepatan-hilirisasi-nasional-pemerintah-siap-jalankan-21-proyek-strategis/

Shao, L., He, Y., Feng, C., & Zhang, S. (2016). An empirical analysis of total-factor productivity in 30 sub-sub-sectors of China's nonferrous metal industry. *Resources Policy*, *50*(932), 264–269. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.10.010

Wei, P., Tang, H. Q., Chen, Y., & Chen, X. H. (2013). Measuring technical efficiency of Chinese nonferrous metals enterprises on a background of industry consolidation. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, *23*(9), 2797–2806. https://doi.org/10.1016/S1003-6326(13)62800-9

Zhong, M. R., Xiao, S. L., Zou, H., Zhang, Y. J., & Song, Y. (2021). The effects of technical change on carbon intensity in China's non-ferrous metal industry. *Resources Policy*, *73*(July), 102226. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102226