

Pemilihan Merek Batu Gerinda Berbasis Metode DEA Untuk Meningkatkan Efektivitas Produksi

¹Intan Safitri, ²Alina Cynthia Dewi, ³Santika Sari
Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Jakarta

E-mail: ¹2110312009@mahasiswa.upnvj.ac.id, ²acd@upnvj.ac.id,
³santika.sari@upnvj.ac.id

ABSTRAK

Dalam industri manufaktur, penggunaan batu gerinda yang efisien sangat penting untuk meningkatkan efektivitas produksi dan mengurangi pemborosan material. PT. XY, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi alat berat dan komponen industri pertambangan, selama ini hanya mengandalkan satu merek batu gerinda, yaitu Nippon Resibon. Ketergantungan ini berpotensi menyebabkan keterbatasan pasokan dan biaya yang kurang optimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi beberapa merek batu gerinda dalam meningkatkan produktivitas perusahaan. Metode yang digunakan adalah Data Envelopment Analysis (DEA) dengan pendekatan input-oriented Variable Return to Scale (VRS). Data yang dianalisis mencakup cost, Ergonomic Aspect, stone saving, productivity, dan Jumlah Persediaan. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak EMS untuk mengidentifikasi merek yang paling efisien dalam penggunaan sumber daya. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat variasi tingkat efisiensi antar merek batu gerinda yang diuji, Merek batu gerinda Kinix terpilih sebagai merek batu gerinda yang efisien dengan nilai 165,98% dan merek batu gerinda Norton BDX sebagai merek batu gerinda urutan terakhir dengan nilai 94,44%.

Kata kunci: Batu gerinda, Data Envelopment Analysis (DEA), Pemilihan Merek

ABSTRACT

In the manufacturing industry, the use of efficient grinding stones is essential to increase production effectiveness and reduce material wastage. PT XY, a company engaged in the production of heavy equipment and mining industry components, has been relying on only one brand of grinding stones, namely Nippon Resibon. This reliance has the potential to cause supply limitations and sub-optimal costs. Therefore, this study aims to evaluate the efficiency of several grinding stone brands in improving the company's productivity. The method used is Data Envelopment Analysis (DEA) with an input-oriented Variable Return to Scale (VRS) approach. The data analyzed includes cost, Ergonomic Aspect, stone saving, productivity, and Total Inventory. We used EMS software to process the data and identify the most resource-efficient brands. The results of the analysis show that there is a variation in the level of efficiency among the tested grinding stone brands, with Kinix grinding stone brand being selected as the most efficient grinding stone brand with a value of 165.98% and Norton BDX grinding stone brand as the last grinding stone brand with a value of 94.44%.

Keywords: Grinding stone, Data Envelopment Analysis (DEA), Material Selection

1. PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur, mesin gerinda memegang peranan penting dalam berbagai proses produksi, khususnya dalam pemotongan, pengasahan, dan pembentukan komponen logam. Salah satu komponen utama dalam mesin ini adalah batu gerinda, yang merupakan bagian habis pakai (*consumable*) yang berperan dalam memastikan presisi dan kualitas akhir produk. Pemilihan merek batu gerinda yang tepat menjadi faktor krusial dalam menjaga efisiensi produksi, mengurangi pemborosan material, dan meningkatkan daya saing perusahaan (Nikita et al. 2023)

PT. XY, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi alat berat dan komponen industri pertambangan, sangat bergantung pada performa dan kualitas batu gerinda dalam operasionalnya. Hingga saat ini, perusahaan masih mengandalkan satu merek batu gerinda, yaitu Nippon Resibon. Namun, ketergantungan pada satu merek tertentu menimbulkan risiko signifikan, seperti keterbatasan pasokan, fluktuasi harga, serta potensi gangguan dalam kelancaran produksi. Mengantisipasi hal tersebut, PT. XY perlu menerapkan strategi pemilihan merek batu gerinda yang lebih objektif dan berbasis analisis menyeluruh.

Selama ini, proses pemilihan merek batu gerinda di PT. XY dilakukan oleh divisi *Vendor Management*, dengan mempertimbangkan lima faktor utama, yaitu *cost*, *ergonomic aspect*, *productivity*, *stone saving*, dan jumlah persediaan. Karena batu gerinda secara langsung mempengaruhi kualitas dan efisiensi produksi, pemilihan merek bukan sekadar keputusan operasional, tetapi juga langkah strategis yang berdampak pada daya saing perusahaan. Saat ini, PT. XY memiliki lima alternatif merek batu gerinda yang digunakan, yaitu

Norton BDX, Kinik, Iprix, Nippon Resibon, dan Metalyx. Namun, perbedaan karakteristik dan kualitas dari masing-masing merek sering kali menimbulkan tantangan dalam menentukan pilihan yang paling efisien dan menguntungkan bagi perusahaan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan efisiensi dari berbagai merek batu gerinda menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA), sebuah pendekatan berbasis pemrograman linier yang mampu mengukur efisiensi relatif dari berbagai alternatif berdasarkan input dan output yang telah ditetapkan (Rambe & Syahputra, 2017). Melalui analisis ini, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi merek batu gerinda dengan tingkat efisiensi tertinggi yang dapat mendukung keberlanjutan dan efektivitas operasional PT. XY secara optimal.

2. LANDASAN TEORI

Pemilihan Merek

Dalam *Supply Chain Management* (SCM), pemilihan merek merupakan langkah strategis yang memengaruhi kelancaran, efektivitas, dan efisiensi rantai pasokan. Keputusan ini tidak hanya soal preferensi, tetapi juga menjaga standar kualitas produk. Merek dengan reputasi baik cenderung menawarkan kualitas yang konsisten, yang dapat mengurangi risiko produk cacat, komplain pelanggan, serta gangguan dalam proses produksi.

Menurut Klaten (2021), dua faktor utama dalam pemilihan material atau merek adalah:

1. Identifikasi profil material yang dibutuhkan.
2. Membandingkannya dengan material teknik di lapangan untuk memastikan kesesuaian terbaik.

Pemilihan merek yang tepat

membantu perusahaan memperoleh bahan material yang sesuai dari segi kualitas dan biaya. Selain itu, keputusan ini berperan penting dalam mengendalikan biaya produksi dan meningkatkan fleksibilitas perusahaan dalam merespons fluktuasi permintaan pasar (Bi & Xiang, 2014). Dengan pengelolaan material yang optimal, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi operasional, menjaga daya saing, dan memastikan kepuasan pelanggan.

Metode DEA (Data Envelopment Analysis)

Data Envelopment Analysis (DEA) pertama kali dikembangkan oleh Charnes, Cooper, dan Rhodes pada tahun 1978 sebagai metode non-parametrik dalam pemrograman linier untuk mengukur efisiensi relatif suatu *Decision Making Unit* (DMU) (Charnes et al. 1978). DEA mengevaluasi efisiensi berdasarkan perbandingan *input* dan *output* tanpa memerlukan asumsi distribusi data tertentu, sehingga lebih fleksibel dalam menentukan bobot terbaik untuk setiap entitas yang dinilai (Afsharian et al., 2016). Dalam konteks ini, DMU merujuk pada unit yang dievaluasi, seperti fasilitas produksi, rumah sakit, sekolah, atau organisasi lain yang memiliki karakteristik operasional serupa (Purwantoro et al., 2006).

Metode DEA membandingkan efisiensi antar-DMU menggunakan rasio *total weighted output* terhadap *total weighted input*, yang tidak boleh lebih dari satu (≤ 1). Model DEA yang umum digunakan meliputi dua jenis, yaitu *Charnes-Cooper-Rhodes* (CCR) dan *Banker-Charnes-Cooper* (BCC). Model CCR mengasumsikan *Constant Return to Scale* (CRS), di mana perubahan *input* berbanding lurus dengan *output*, sementara model BCC mengadopsi *Variable Return to Scale* (VRS), yang lebih fleksibel karena mempertimbangkan skala operasi setiap

DMU (Rahmania et al., 2016).

Selain itu, terdapat *Super-Efficiency DEA*, yang diperkenalkan oleh Andersen dan Petersen untuk memungkinkan peringkat DMU dengan efisiensi lebih dari 100%. (Firdaus et al., 2022). Model ini mengecualikan DMU yang sedang dianalisis dari *reference set*, sehingga lebih akurat dalam membedakan unit yang paling efisien (Zhu & Cook, 2007). Dengan kemampuannya dalam mengevaluasi efisiensi berbagai alternatif, metode DEA sangat bermanfaat dalam pengambilan keputusan berbasis data.

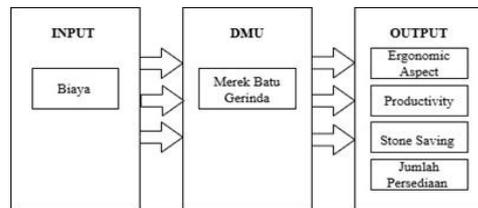
Merek batu gerinda dan Kriteria

Proses perancangan dimulai dengan mengumpulkan data-data merek batu gerinda. Pada penelitian ini terdapat 5 merek batu gerinda seperti dapat terlihat pada tabel 1.

Tabel 1 Data Merek Batu Gerinda

Brand	DMU	Cost
Norton BDX	DMU 1	Rp 5.400
Kinik	DMU 2	Rp 6.846
Iprix	DMU 3	Rp 5.100
Resibon	DMU 4	Rp 11.500
Metalyx	DMU 5	Rp 17.000

Metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) digunakan untuk mengukur efisiensi dengan membandingkan total output terhadap total *input*. *Input* dalam penelitian ini adalah *Cost*, karena perusahaan berupaya menekan biaya produksi agar tetap kompetitif sesuai visi dan misinya dalam menyediakan produk berkualitas dengan harga terjangkau. Sementara itu, output yang dianalisis mencakup *Ergonomic Aspect*, *Productivity*, *Stone Saving*, dan jumlah persediaan, yang mencerminkan keuntungan dari masing-masing *Decision Making Unit* (DMU)



Gambar 1 Bagan DEA

3. METODOLOGI

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara tidak terstruktur dengan penanggung jawab *project* di divisi *Vendor Management* untuk memperoleh informasi mengenai merek batu gerinda dari *supplier* AB, Jumlah Pembelian selama 1 tahun, permasalahan, dan kriteria yang digunakan dalam pengolahan data guna untuk mengetahui nilai tingkat efisiensi dari setiap merek. Observasi juga dilakukan untuk mengamati alur pengadaan, pemilihan merek, serta kesesuaian produk dalam kontrak dengan *supplier*.

Divisi *Product Engineering* melakukan uji coba langsung tiap merek batu gerinda dengan mengukur massa sebelum dan sesudah penggunaan, *Lead Time*, *Reduction*, serta *Ergonomic Aspect* guna memperoleh data akurat. Massa benda kerja dan batu gerinda sebelum dan sesudah penggunaan dicatat untuk menghitung nilai *Stone Saving*. *Productivity* diukur berdasarkan removal rate (gram per detik) dengan pencatatan waktu menggunakan *stopwatch*.

Ergonomic Aspect dinilai oleh operator berdasarkan stabilitas dan tekstur batu gerinda menggunakan skala Likert 1-5, yang dipilih karena memberikan keseimbangan antara kemudahan responden dalam memilih dan akurasi hasil. Skala ini juga memungkinkan adanya tanggapan netral, sehingga lebih fleksibel dalam menangkap persepsi responden (Hertanto, 2017)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Model

Tahap awal pengolahan data dengan DEA, dimulai dengan identifikasi model yang ada sesuai permasalahan yang ada. Model DEA terbagi menjadi dua orientasi: *input-oriented* dan *output-oriented*. Model *input-oriented* berfokus pada meminimalkan *input* dengan tetap mempertahankan tingkat *output* yang dihasilkan, sementara model yang *output-oriented* memaksimalkan *output* tanpa meningkatkan *input* (Ji & Lee, 2020). Dalam penelitian ini, digunakan pendekatan *input-oriented*, sesuai dengan strategi *Vendor Management*, yang berupaya mengoptimalkan efisiensi dengan menekan biaya (*Cost*) sambil tetap mempertahankan *Ergonomic Aspect*, *Productivity*, *Stone Saving*, dan Jumlah Persediaan.

Selain itu, analisis DEA mempertimbangkan *return to scale* yang mencerminkan efisiensi operasional setiap *Decision Making Unit* (DMU). Penelitian ini menggunakan asumsi *Variable Return to Scale* (VRS), yang memungkinkan perubahan *input* berdampak tidak proporsional terhadap *output* (Utari et al., 2023) Pendekatan ini dipilih karena kondisi operasional setiap merek batu gerinda dapat bervariasi, sehingga skala operasi tidak selalu linear terhadap efisiensi. Faktor eksternal seperti teknologi, strategi pemasaran, dan kebijakan pemasok dapat memengaruhi hasil, sehingga pendekatan VRS lebih fleksibel dalam mengakomodasi variasi efisiensi antar-DMU.

Dengan pendekatan ini, model DEA diformulasikan menggunakan asumsi VRS dan *input-oriented*, dimana bobot kriteria utama meliputi *Cost*, *Ergonomic Aspect*, *Productivity*, *Stone Saving* dan Jumlah Persediaan untuk

mengevaluasi efisiensi relatif setiap merek batu gerinda dengan fokus pada optimalisasi penggunaan *input*. Sehingga rumus yang digunakan adalah

$$\begin{aligned} \text{Maks : } h_o &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + C_k \\ \text{Dengan syarat : } \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} &= 1 \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{io} - C_k &\geq 0 \\ u_r, v_i &> 0 \end{aligned}$$

Dengan keterangan :

m = Jumlah *input*

s = Jumlah *output*

u_r = Bobot *output* ke-r

v_i = Bobot *input* ke-i

x_{ik} = Jumlah *input* ke-i yang digunakan oleh DMU

y_{rk} = Jumlah *output* ke-r yang digunakan oleh DMU

Dengan syarat : $\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1$ untuk

setiap DMU dalam sampel

J = 1,..... n (jumlah dari DMU)

$$u_r, v_i \geq 0$$

Perhitungan Model Basic DEA

Input dan *output* dimodelkan dalam persamaan linear. Merek pada metode DEA disebut dengan DMU. Metode *Basic* DEA. DMU yang memiliki nilai hasil 1 atau 100% dapat dinyatakan relatif efisien daripada DMU yang lainnya (Adi Putra,2019) Berikut ini hasil pengambilan data untuk DEA:

yaitu *Ergonomic Aspect*, *Stone Saving*, *Productivity* dan Jumlah *Persediaan* diberi simbol masing-masing Y1, Y2, Y3 dan Y4 sebagaimana tabel 2.

Langkah berikutnya dalam penelitian ini adalah membangun model DEA dengan pendekatan BCC yang telah dikonversi ke dalam bentuk *linear programming*, menggunakan data *input-output* yang tercantum dalam Tabel 21. Model ini diterapkan untuk mengukur performansi masing-masing merek batu gerinda dengan pendekatan *input-oriented*, yang berfokus pada optimalisasi efisiensi dengan meminimalkan *input* tanpa mengurangi *output*

Perhitungan model DEA dilakukan pada 5 DMU menggunakan *software* EMS versi 13.0. Sebagai metode non-parametrik, DEA tidak memerlukan pengujian hipotesis berkelanjutan dan menggunakan perumusan program linear terpisah untuk setiap DMU (Ramadhani & Maria, 2022). Karena perhitungan manual pada model VRS cukup kompleks, penggunaan *software* EMS versi 13.0 memungkinkan analisis yang lebih akurat dan efisien.

Bobot efisiensi dalam model ini ditentukan berdasarkan karakteristik tiap merek batu gerinda yang telah diseragamkan tipe datanya tanpa

Tabel 2 Nilai *Input* dan *Output*

DMU	Nilai <i>Input</i>	Nilai <i>Output</i>			
	<i>Cost</i> (X1)	<i>Ergonomic Aspect</i> (Y1)	<i>Stone Saving</i> (Y2)	<i>Productivity</i> (Y3)	Jumlah <i>Persediaan</i> (Y4)
DMU-1	Rp 5.400	1,7	0,0877	0,073	36.350
DMU-2	Rp 6.846	3,5	0,1082	0,094	36.350
DMU-3	Rp 5.100	3,2	0,1457	0,074	36.350
DMU-4	Rp 11,500	4,7	0,1096	0,083	36.350
DMU-5	Rp 17.000	4,5	0,1271	0,112	36.350

Variabel *input* berupa *cost* diberi simbol X1, sedangkan variabel *output*

pembobotan awal. Menurut Dewiyani, M. J. (2007), DEA merupakan metode yang mampu menangani banyak *input* dan

output tanpa perlu menentukan bobot variabel terlebih dahulu. DEA secara otomatis menghitung bobot berdasarkan data yang tersedia. Sehingga hasil perhitungan model Basic DEA dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3 Hasil Basic DEA

DMU	Efisiensi	Keterangan
1	0,944	Tidak Efisien
2	1	Efisien
3	1	Efisien
4	1	Efisien
5	1	Efisien

Tabel 3 menunjukkan bahwa DMU 2,3,4 dan 5 dinyatakan efisien, sedangkan DMU 1 dinyatakan tidak efisien.

Perhitungan Model *Super-Efficiency* DEA

Setelah perhitungan basic DEA, dilakukan *super-efisiensi* DEA jika terdapat lebih dari satu DMU atau merek yang efisien. Basic DEA tidak dapat menentukan *ranking* DMU karena nilai tertingginya adalah 1 dengan menggunakan pengembangan model DEA BCC. Konsep *super efisiensi* ini pertama kali diusulkan oleh Andersen dan Petersen. Penggunaan konsep *super efisiensi* adalah membiarkan nilai efisiensi dari DMU yang diamati lebih besar dari 1 atau 100%. Perbedaannya, dalam *super-efisiensi* DEA, fungsi kendala untuk DMU yang dihitung dihilangkan agar nilainya tidak terbatas, sehingga efisiensinya bisa lebih dari 1. Sehingga hasil perhitungan dengan *software* EMS Ver 13.0 dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4 Hasil *Super Efficiency* DEA

DMU	Efisiensi	Rangking
1	94,44%	5
2	165,98%	1
3	144,27%	2

DMU	Efisiensi	Rangking
4	126,75%	3
5	118,71%	4

Hasil perhitungan metode *Super-efficiency* DEA untuk tiap DMU menggunakan *software* EMS Ver 13.0 pada tabel 4 menunjukkan bahwa DMU-2 (Kinik) merupakan DMU yang memiliki nilai efisiensi relative tertinggi yaitu sebesar 165,98%. Sehingga, merek batu gerinda Kinik menjadi pilihan utama. Iprix sebagai merek batu gerinda urutan kedua dengan nilai efisiensi 144,27%, Resibon sebagai merek batu gerinda urutan ketiga dengan nilai efisiensi 126,75%, Metalynx sebagai merek batu gerinda urutan keempat dengan nilai efisiensi 118,71% dan Norton BDX sebagai merek batu gerinda urutan terakhir dengan nilai efisiensi 94,44%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perhitungan dengan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) diperoleh hasil merek batu gerinda Kinik sebagai merek pada urutan pertama dengan nilai efisiensi 165,98%, Iprix menempati peringkat kedua merek terbaik dengan nilai 144,27%, diikuti oleh Resibon di posisi ketiga dengan nilai 126,75%, Metalynx di urutan keempat dengan nilai 118,71%, dan Norton BDX di urutan terakhir dengan nilai 94,44%. Merek batu gerinda Kinik terpilih sebagai merek batu gerinda yang efisien untuk perusahaan dengan menimbang hasil perhitungan hasil perhitungan DEA dan semua *variabel input* dan *output*.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyelesaian penelitian ini. Penghargaan yang sebesar-besarnya ditujukan kepada para mentor dan rekan

sejawat atas kontribusi mereka melalui masukan, diskusi, dan dukungan yang berharga di setiap tahap penelitian. Selain itu, Ucapan terima kasih juga khusus diberikan kepada pihak yang telah menyediakan data dan informasi yang mendukung proses analisis. Selain itu, apresiasi juga disampaikan kepada kolega serta semua individu yang, baik secara langsung maupun tidak langsung, telah memberikan dukungan moral dan profesional selama proses penulisan. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan praktik di bidang yang relevan

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Putra, I. M. (2019). Pengukuran tingkat efisiensi produksi dengan menggunakan metode Data Envelopment Analysis (Studi kasus pada UD. Bayu Sri Dana). *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, 2(2).
- Afsharian, M., Ahn, H., & Neumann, L. (2016). Generalized DEA: an approach for supporting input/output factor determination in DEA. *Benchmarking*, 23(7), 1892–1909. <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2015-0074>
- Bi, G. B., & Xiang, K. (2014). Aggregate Planning Based on Stochastic Demand DEA Model With an Application in Production Planning. *Management Science and Engineering*, 8(4), 1–6. <https://doi.org/10.3968/6054>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444. doi:10.1016/0377-2217(78)90138-8
- Dewiyani, M. J. (2007). Mengukur efisiensi kinerja program studi dengan menggunakan Data Envelopment Analysis (DEA). STIKOM Surabaya
- Firdaus, N. S., Purbayati, R., & Setiawan, I. (2022). Analisis efisiensi pengelolaan zakat dengan metode super efisiensi data envelopment analysis (DEA) pada LAZ Mizan Amanah. *Journal of Applied Islamic Economics and Finance*, 2(2), 379–386.
- Ji, Y.-B., & Lee, C. (2020). Data Envelopment Analysis In Stata. In *The Stata Journal (Yyyy) Vv, Number Ii*.
- Klaten, S. (2021). *Pemilihan Material Dan Proses*
- Nikita D. Purnamasari, & Mochammad T. Safirin. (2023). Analisis Ketersediaan Batu Gerinda Menggunakan Metode Economic Order Quantity Pada Pt. X Dengan Software Pom-Qm. *Tektonik : Jurnal Ilmu Teknik*, 1(2), 249–255. <https://doi.org/10.62017/tektunik.v1i2.604>
- Purwanto, Nugroho, R., dan Siswadi, E. (2006). Pengolahan Data Skala Terbatas Dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA): Studi Kasus Efektivitas Proses Peluncuran Produk Baru. Lembaga Manajemen, Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Rahmania, L., Farikhin, F., & Surarso, B. (2016). Analisis Kinerja Unit Usaha Menggunakan Model Ccr (Studi Kasus Pada Apotek Kimia Farma Semarang). *Matematika*, 17(3). Retrieved from <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/matematika/article/view/12282>
- Ramadhani, S. ., B, M., & Maria, E. (2022). Metode Dea untuk Benchmarking Organisasi. *Buletin Poltanesa*, 23(1), 203–209. <https://doi.org/10.51967/tanesa.v23i1.1291>
- Rambe, I. H., & Syahputra, M. R.

- (2017). Aplikasi Data Envelopment Analysis (DEA) untuk pengukuran efisiensi aktivitas produksi. *MES: Journal of Mathematics Education and Science*, 3(1), 120–128.
- Utari, T. R., Rahmah, M., Murtala, & Juanda, R. (2023). Analisis efisiensi perusahaan pertanian di Indonesia dengan metode Data Envelopment Analysis (DEA): Studi kasus Bursa Efek Indonesia tahun 2020-2022. *Jurnal Ekonomi Pertanian Unimal*, 6(2), 51–58. <https://doi.org/10.29103/jepu.v6i2.12952>
- Zhu, J., & Cook, W. D. (2007). *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*. New York: Springer Science+Business Media, LLC.

