

# ***Measuring The Efficiency of Factory Processes Using Data Envelopment Analysis (DEA)***

## **[Pengukuran Efisiensi Proses Machinery Mesin Pabrik Menggunakan Data Envelopmen Analisis (DEA)]**

Akbar Yanuar Armin<sup>1)</sup>, Indah Apriliana Sari Wulandari<sup>\*2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: indahapriliana@umsida.ac.id

**Abstract.** *CV Pesona Wijaya Seal is a manufacturing company producing industrial machine spare parts using a make-to-order production system, which faces challenges in optimizing the use of production resources. This study aims to measure the efficiency level of the production process using the Data Envelopment Analysis (DEA) method with the CCR model and an input-oriented approach. CCR stands for Charnes, Cooper, and Rhodes, who first developed the Data Envelopment Analysis method in 1978. The CCR model assumes Constant Return to Scale, meaning that changes in input will result in proportional changes in output. The input variables used in this study consist of raw materials, labor, and processing time, while the output variable is the number of products produced. Each monthly production period is defined as a Decision Making Unit (DMU) and analyzed using LINGO software. The results show that only August achieved full efficiency and became the benchmark for other periods. Most months are classified as nearly efficient, indicating that the production performance is relatively good but still has opportunities for improvement in input utilization. However, two months are categorized as inefficient due to non-optimal resource allocation, indicating the need for better control and continuous improvement in production performance.*

**Keywords** – *Data Envelopment Analysis; Decision Making Unit; Efficiency Measurement*

**Abstrak.** *CV Pesona Wijaya Seal merupakan perusahaan manufaktur sparepart mesin pabrik dengan sistem produksi make-to-order yang menghadapi tantangan dalam optimalisasi penggunaan sumber daya produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat efisiensi proses produksi menggunakan metode Data Envelopment Analysis (DEA) model CCR dengan pendekatan input-oriented. CCR merupakan singkatan dari Charnes, Cooper, dan Rhodes, yaitu peneliti yang pertama kali mengembangkan metode Data Envelopment Analysis pada tahun 1987. Model CCR menggunakan asumsi Constant Return to Scale, yaitu perubahan pada input akan menghasilkan perubahan output secara proporsional. Variabel input yang digunakan meliputi bahan baku, tenaga kerja, dan waktu proses, sedangkan variabel output berupa jumlah produk yang dihasilkan. Setiap periode produksi bulanan ditetapkan sebagai Decision Making Unit (DMU) dan dianalisis menggunakan perangkat lunak LINGO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya bulan Agustus yang mencapai efisiensi penuh dan menjadi benchmark bagi periode lainnya. Sebagian besar bulan berada dalam kategori hampir efisien yang menandakan kinerja produksi relatif baik dengan peluang perbaikan penggunaan input. Namun demikian, dua bulan masih tergolong belum efisien akibat alokasi sumber daya yang belum optimal, sehingga diperlukan pengendalian dan peningkatan kinerja produksi berkelanjutan.*

**Kata Kunci** - *Data Envelopment Analysis; Decision Making Unit; Pengukuran Efisiensi*

## **I. Pendahuluan**

CV Pesona Wijaya Seal adalah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi *sparepart* mesin pabrik dengan sistem produksi *make to order*. Sistem ini mengharuskan perusahaan menyesuaikan proses produksi berdasarkan karakteristik setiap pesanan, sehingga penggunaan bahan baku, tenaga kerja, dan waktu proses dapat berbeda pada setiap periode produksi. Variasi tersebut berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan antara *input* yang digunakan dan *output* yang dihasilkan. Kondisi ini menjadi tantangan tersendiri bagi perusahaan dalam menjaga efisiensi operasional dan konsistensi kinerja produksi.

Dalam kondisi operasional yang berjalan, perusahaan belum melakukan pengukuran efisiensi secara kuantitatif pada setiap periode produksi. Penilaian kinerja produksi masih dilakukan berdasarkan jumlah produk yang dihasilkan tanpa mempertimbangkan perbandingan antara input dan output secara menyeluruh. Akibatnya perusahaan belum dapat mengetahui secara pasti periode mana yang masih mengalami pemborosan sumber daya. Pengukuran efisiensi secara kuantitatif diperlukan untuk mengetahui tingkat kinerja masing-masing *unit* produksi serta mengidentifikasi sumber pemborosan yang terjadi[1]. Selain itu, perbedaan kompetensi operator dalam mengoperasikan mesin juga dapat memengaruhi capaian *output* dan efektivitas penggunaan *input*, sehingga evaluasi efisiensi menjadi semakin

penting dalam sistem produksi berbasis pesanan[2]. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode analisis yang mampu mengukur tingkat efisiensi secara objektif sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi proses produksi.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur efisiensi secara komprehensif adalah *Data Envelopment Analysis* (DEA). DEA merupakan metode non-parametrik berbasis pemrograman linier yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi relatif sejumlah *Decision Making Unit* (DMU) dengan membandingkan berbagai variabel *input* dan *output* secara simultan tanpa memerlukan asumsi fungsi produksi tertentu[3]. Keunggulan DEA terletak pada kemampuannya mengidentifikasi *unit* yang efisien maupun tidak efisien serta memberikan informasi potensi perbaikan melalui analisis *slack*[4]. Metode ini dinilai lebih komprehensif dari satu *input* dan satu *output* secara bersamaan[5].

Penelitian mengenai penerapan DEA dalam pengukuran efisiensi telah banyak dilakukan pada berbagai sektor industri. Penelitian oleh Kholid menunjukkan bahwa pendekatan DEA efektif dalam mendukung pengambilan keputusan operasional melalui evaluasi efisiensi relatif antar *unit*[6]. Fatmawati membuktikan bahwa DEA dapat digunakan sebagai alat evaluasi berkelanjutan untuk memantau kinerja produksi pada industri berbasis pesanan[7]. Sementara itu, Meilani menyatakan bahwa DEA mampu mengidentifikasi aktivitas produksi yang tidak efisien serta menentukan variabel *input* yang perlu diminimalkan untuk mencapai kondisi optimal[8].

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas DEA dalam pengukuran efisiensi, penerapan metode ini pada industri *sparepart* mesin dengan sistem *make to order* di CV Pesona Wijaya Seal belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan menganalisis tingkat efisiensi proses produksi menggunakan metode DEA CCR dengan pendekatan *input-oriented*. CCR merupakan singkatan dari Charnes, Cooper, dan Rhodes, yaitu peneliti yang pertama kali mengembangkan metode *Data Envelopment Analysis* pada tahun 1987. Model CCR menggunakan asumsi *Constant Return to Scale*, yaitu perubahan pada *input* akan menghasilkan perubahan *output* secara proporsional. Setiap periode produksi bulanan ditetapkan sebagai DMU dengan variabel *input* berupa bahan baku, tenaga kerja, dan waktu proses, serta variabel *output* berupa jumlah produk yang dihasilkan. Hasil pengukuran diharapkan dapat memberikan dasar kuantitatif dalam penyusunan strategi peningkatan kinerja produksi secara lebih terarah dan berbasis data.

## II. METODE

### A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di CV Pesona Wijaya Seal yang bergerak di bidang produksi *sparepart* mesin pabrik dengan sistem *make to order*. Perusahaan berlokasi di kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Pengambilan data dilakukan pada periode September sampai November 2025.

### B. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif karena data yang diolah berupa data numerik *input* dan *output* produksi untuk mengukur efisiensi kinerja *Decision Making Unit* (DMU). Data diperoleh dari laporan produksi bulanan perusahaan selama periode penelitian. Variabel yang digunakan terdiri dari:

*Input:*

1. Bahan Baku
2. Tenaga Kerja
3. Waktu Proses

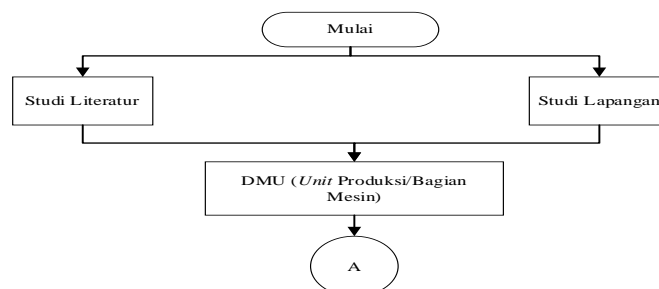
*Output:*

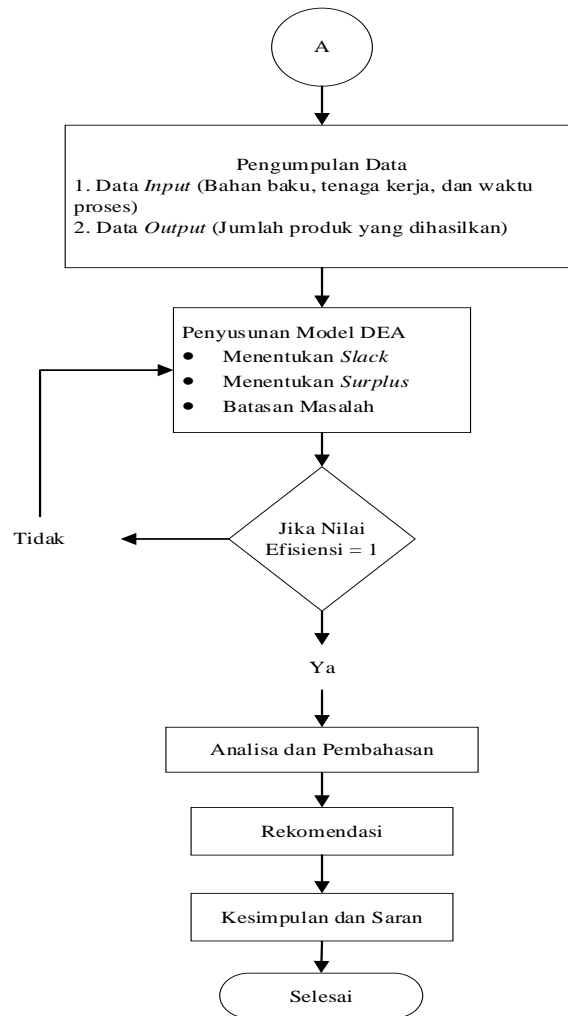
1. Jumlah produk yang dihasilkan

Setiap periode produksi bulanan ditetapkan sebagai DMU agar dapat dibandingkan tingkat efisiensinya secara objektif.

### C. Alur Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang akan digunakan yaitu metode *Data Envelopment Analysis* diintegrasikan dengan *software* LINGO dengan alur penelitian sebagai berikut:





Gambar 1. Diagram Alir

Berikut penjelasan dari penggunaan *Data Envelopment Analysis*

**D. Data Envelopment Analysis (DEA)**

*Data Envelopment Analysis* (DEA) merupakan metode analisis efisiensi non-parametrik berbasis *linear programming* yang digunakan untuk mengukur efisiensi relatif sejumlah *Decision Making Unit* (DMU) dengan karakteristik *input* dan *output* serupa[9]. Metode ini pertama kali dikembangkan melalui model CCR (*Constant Return to Scale*) yang mengasumsikan bahwa perubahan *input* berbanding lurus dengan perubahan *output*[10]. DEA memiliki keunggulan karena mampu menangani lebih dari satu variabel *input* dan *output* tanpa memerlukan asumsi bentuk fungsi produksi tertentu[11]. Suatu DMU dikatakan efisien apabila mampu menghasilkan *output* maksimal dari sejumlah *input* tertentu atau menggunakan *input* minimal untuk menghasilkan tingkat *output* yang sama[12]. Model CCR dirumuskan dalam bentuk rasio tertimbang antara total *output* dan total *input* untuk memperoleh nilai efisiensi relatif masing-masing DMU[13]. Rasio tersebut kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk pemrograman linier agar dapat diselesaikan secara matematis dan menghasilkan solusi optimal[14]. Nilai efisien yang diperoleh berada pada rentang  $0 \leq \theta \leq 1$  dan digunakan sebagai dasar penentuan *frontier* efisiensi serta identifikasi nilai *slack* pada variabel *input*. Secara matematis, DEA menghitung efisiensi sebagai rasio antara total *output* tertimbang dengan total *input* tertimbang. Rumus DEA model CCR sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij}} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan kendala:

$$\frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}} \leq 1, k = 1, 2, \dots, n \dots \dots \dots (2)$$

Sumber : [15]

Keterangan Variabel:

- Y<sub>rj</sub> = Nilai *output* yang diamati dengan tipe ke-r dari DMU j
- X<sub>ij</sub> = Nilai *input* yang diamati dengan tipe ke-i dari DMU ke-j

$U_r$  = Nilai bobot untuk *output* dengan tipe ke- $r$   
 $V_i$  = Nilai bobot untuk *input* dengan tipe ke- $i$   
 $n$  = Jumlah DMU yang dianalisis  
 $s$  = Jumlah *output*  
 $m$  = Jumlah *input*

Untuk menghitung tingkat efisiensi setiap Decision Making Unit (DMU), metode Data Envelopment Analysis (DEA) model CCR dengan pendekatan input-oriented ditransformasikan ke dalam bentuk pemrograman linier dan diselesaikan menggunakan software LINGO. Model ini bertujuan untuk meminimalkan nilai  $\theta$  dengan kendala bahwa kombinasi linear dari DMU lain harus mampu menghasilkan output minimal sama dengan DMU yang diuji. Variabel yang digunakan terdiri dari bahan baku (BB), waktu proses (WP), dan tenaga kerja (TK) sebagai input, serta jumlah produk (PROD) sebagai output. Setiap bulan produksi ditetapkan sebagai DMU, sedangkan variabel  $\lambda$  digunakan sebagai pembobot dalam menentukan frontier efficiency.

Berikut merupakan model matematis DEA CCR input-oriented menggunakan software LINGO.

```

MODEL:
SETS:
DMU /1..11/ : PROD, BB, WP, TK, LAMBDA;
ENDSETS

DATA:
PROD = 595 888 830 219 718 566 880 894 504 643 696;
BB   = 620 940 870 250 750 600 920 925 550 680 730;
WP   = 192 192 192 192 192 184 216 192 208 216 200;
TK   = 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12;
ENDDATA

! ===== DEA CCR INPUT ORIENTED =====
MIN = THETA;

@SUM(DMU(j): LAMBDA(j) * BB(j)) <= THETA * BB(1);
@SUM(DMU(j): LAMBDA(j) * WP(j)) <= THETA * WP(1);
@SUM(DMU(j): LAMBDA(j) * TK(j)) <= THETA * TK(1);

@SUM(DMU(j): LAMBDA(j) * PROD(j)) >= PROD(1);

END
  
```

Gambar 2. Model Matematis *Software* LINGO

Model pada Gambar 3 menunjukkan formulasi DEA CCR input-oriented dengan fungsi tujuan meminimalkan nilai  $\theta$ . Kendala pertama sampai ketiga menunjukkan batasan pada variabel input, yaitu bahan baku, waktu proses, dan tenaga kerja, sedangkan kendala terakhir menunjukkan bahwa kombinasi output dari seluruh DMU harus lebih besar atau sama dengan output DMU yang diuji.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengumpulan Data

Dalam memperoleh data penelitian, studi literatur dijadikan sebagai dasar untuk memahami metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) serta mengidentifikasi kebutuhan variabel *input* dan *output* yang digunakan dalam analisis sebagaimana disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Pengumpulan Data

Bulan	Jumlah Produk (PC)	Bahan Baku (PC)	Waktu Proses (Jam)	Tenaga Kerja (Orang)
Januari	818	620	192	12
Februari	888	940	192	12
Maret	830	870	192	12
April	219	250	192	12
Mei	718	750	192	12

<b>Juni</b>	566	600	184	12
<b>Juli</b>	880	920	216	12
<b>Agustus</b>	894	925	192	12
<b>September</b>	504	550	208	12
<b>Oktober</b>	643	680	216	12
<b>November</b>	696	730	200	12

## B. Pengolahan Data

Berdasarkan data *input* dan *output* yang telah dikumpulkan pada tahap sebelumnya, selanjutnya dilakukan pengukuran efisiensi proses produksi menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) dengan model CCR (*Constant Return to Scale*) dan pendekatan *input-oriented*. Setiap periode produksi bulanan ditetapkan sebagai *Decision Making Unit* (DMU), dengan variabel *input* meliputi bahan baku, tenaga kerja, dan waktu proses, serta variabel *output* berupa jumlah produk yang dihasilkan.

Untuk memperjelas proses perhitungan efisiensi menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) model CCR, dilakukan perhitungan manual pada bulan Januari dengan menggunakan rumus efisiensi DEA yaitu perbandingan antara total output tertimbang dengan total input tertimbang. Pada perhitungan manual ini, bobot output ( $U_r$ ) dan bobot input ( $V_i$ ) diasumsikan bernilai 1, karena nilai bobot optimal atau nilai efisiensi.

Diketahui data bulan Januari:

$$Y_{1j} = 818$$

$$X_{1j} = 620$$

$$X_{2j} = 192$$

$$X_{3j} = 12$$

Efisiensi

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij}} \\ &= \frac{U_1 Y_{1j}}{V_1 X_{1j} + V_2 X_{2j} + V_3 X_{3j}} \\ &= \frac{1 \times 818}{1 \times 620 + 1 \times 192 + 1 \times 12} \\ &= \frac{818}{824} \\ &= 0,993 \end{aligned}$$

Dengan kendala :

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}} \leq 1 \\ &= \frac{U_1 Y_{1k}}{V_1 X_{1k} + V_2 X_{2k} + V_3 X_{3k}} \leq 1 \\ &= \frac{1 \times 818}{1 \times 620 + 1 \times 192 + 1 \times 12} \leq 1 \\ &= \frac{818}{824} \leq 1 \\ &= 0,993 \leq 1 \end{aligned}$$

Karena nilai rasio tidak melebihi 1, maka kendala DEA terpenuhi. Nilai efisiensi perhitungan manual bulan Januari sebesar 0,993 dan memenuhi fungsi kendala DEA.

Hasil pengolahan menggunakan perangkat lunak LINGO menghasilkan nilai efisiensi relatif masing-masing DMU sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Efisiensi DEA

Bulan	Nilai Efisiensi DEA	Keterangan
<b>Januari</b>	0,993	Hampir efisien
<b>Februari</b>	0,993	Hampir efisien
<b>Maret</b>	0,987	Hampir efisien
<b>April</b>	0,906	Belum efisien
<b>Mei</b>	0,991	Hampir efisien
<b>Juni</b>	0,976	Hampir efisien
<b>Juli</b>	0,990	Hampir efisien

<b>Agustus</b>	1,000	Efisien ( <i>Benchmark</i> )
<b>September</b>	0,948	Belum efisien
<b>Oktober</b>	0,978	Hampir efisien
<b>November</b>	0,986	Hampir efisien

Kriteria Klasifikasi:

Efisiensi  $\rightarrow \Theta = 1$

Hampir efisien  $\rightarrow 0,95 \leq \Theta < 1$

Belum efisien  $\rightarrow \Theta < 0,95$

### C. Analisis Nilai Efisiensi DEA

Berdasarkan hasil perhitungan DEA, diperoleh bahwa hanya bulan Agustus yang mencapai nilai efisiensi sempurna sebesar 1,000. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan bahan baku, tenaga kerja, dan waktu proses pada bulan tersebut telah optimal dan berada pada *frontier efficiency*. Oleh karena itu bulan agustus dapat dijadikan sebagai *benchmark* bagi periode lainnya.

Sebagian besar bulan lainnya berada dalam kategori hampir efisien, yaitu Januari (0,993), Februari (0,993), Maret (0,987), Mei (0,991), Juni (0,976), Juli (0,990), Oktober (0,978), dan November (0,986). Nilai efisiensi pada bulan-bulan tersebut berada sangat dekat dengan 1, yang menunjukkan bahwa secara umum kinerja produksi perusahaan sudah relatif baik. Namun demikian, masih terdapat pengurangan *input* dan penambahan *output* secara proporsional sesuai dengan selisih nilai efisiensinya.

Sementara itu, terdapat dua bulan yang termasuk dalam kategori belum efisien, yaitu April dan September. Bulan April memiliki nilai efisiensi sebesar 0,906 yang merupakan nilai terendah dibandingkan bulan lainnya, sehingga menunjukkan bahwa penggunaan sumber daya pada periode tersebut belum optimal. Sedangkan bulan September memiliki nilai efisiensi sebesar 0,948 yang menunjukkan bahwa kinerjanya sudah mendekati *frontier* efisiensi, namun masih diperlukan pengendalian penggunaan bahan baku dan waktu proses agar dapat mencapai kondisi efisien secara penuh.

### D. Analisis Slack dan Surplus

Analisis *Slack* digunakan untuk mengidentifikasi besarnya kelebihan penggunaan *input* yang masih dapat dikurangi tanpa menurunkan tingkat *output*, sedangkan *Surplus* menunjukkan potensi peningkatan *output* dengan tingkat *input* yang telah digunakan. Melalui analisis ini, dapat diketahui sumber ketidakefisienan pada masing-masing bulan produksi serta peluang perbaikan yang perlu dilakukan agar setiap *Decision Making Unit* (DMU) dapat mencapai kondisi efisien optimal.

Tabel 3. *Slack dan Surplus*

No	Bulan	<i>Surplus Output Row 1</i> (pc)	<i>Slack Input Row 2</i> (pc)	<i>Slack Input Row 3</i> (jam)	Keterangan
1	Januari	0	3,93	62,86	Terdapat <i>slack input</i>
2	Februari	14,90	0	0	Terdapat <i>surplus output</i>
3	Maret	0	0,71	11,27	Terdapat <i>slack input</i>
4	April	0	7,94	126,99	<i>Slack input</i> terbesar
5	Mei	0	2,25	35,98	Terdapat <i>slack input</i>
6	Juni	0	4,11	58,04	Terdapat <i>slack input</i>
7	Juli	0	0,64	24,78	<i>Slack</i> relatif kecil
8	Agustus	0	0	0	<i>Strong efficient</i>
9	September	0	4,61	88,97	Terdapat <i>slack input</i>
10	Oktober	0	3,11	73,24	Terdapat <i>slack input</i>
11	November	0	2,50	47,82	Terdapat <i>slack input</i>

Berdasarkan tabel 3, sebagian besar bulan produksi menunjukkan adanya *slack input* pada variabel bahan baku dan waktu proses/tenaga kerja. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan *input* pada periode tersebut masih belum optimal dan dapat dikurangi tanpa menurunkan jumlah *output*. Bulan April memiliki nilai *slack* terbesar, sehingga menjadi periode dengan tingkat inefisiensi paling signifikan. Sementara itu, bulan Februari menunjukkan *surplus output* tanpa adanya *slack input*, yang berarti penggunaan *input* sudah efisien namun *output* masih dapat ditingkatkan. Bulan Agustus tidak menunjukkan *slack* maupun *surplus*, sehingga termasuk kategori *strong efficient* dan menjadi *benchmark* bagi periode lainnya.

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) model CCR dengan pendekatan *input-oriented*, dapat disimpulkan bahwa tingkat efisiensi proses produksi di CV Pesona Wijaya Seal secara umum berada pada kategori hampir efisien. Dari sebelas periode produksi yang dianalisis, hanya bulan Agustus yang mencapai efisiensi sempurna dan berada pada *frontier efficiency* sehingga dapat dijadikan sebagai *benchmark* bagi periode lainnya. Sebagian besar bulan menunjukkan nilai efisiensi yang mendekati satu, yang mengindikasikan bahwa kinerja produksi perusahaan relatif baik, namun masih terdapat potensi perbaikan dalam penggunaan bahan baku dan waktu proses. Analisis *slack* dan *surplus* menunjukkan bahwa sumber utama inefisiensi terletak pada penggunaan *input* yang belum optimal, terutama pada bulan April dan September yang termasuk kategori belum efisien. Hasil penelitian ini memberikan dasar kuantitatif bagi perusahaan untuk melakukan pengendalian dan optimalisasi penggunaan sumber daya agar kinerja produksi menjadi lebih efektif dan efisien secara berkelanjutan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan CV Pesona Wijaya Seal yang telah memberikan izin penelitian serta menyediakan data produksi yang diperlukan dalam penyusunan karya ilmiah ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perusahaan dan menjadi referensi dalam pengembangan penelitian selanjutnya.

#### REFERENSI

- [1] R. Ameilia, R. Purbaningtyas, P. S. Informatika, F. Teknik, U. B. Surabaya, and P. S. Teknik, "Implementasi Data Envelopment Analysis ( DEA ) Pada Evaluasi Kinerja Program Studi," pp. 33–38, 2022.
- [2] A. S. U. Parwoto\*, Desi Susilawati, "Data Envelopment Analysis ( DEA ): Efisiensi Kinerja SD Muhammadiyah di Kabupaten dengan Akuntabilitas " A ", vol. 4, no. 2, pp. 152–164, 2021.
- [3] P. R. Sihombing, S. Indonesia, and A. M. Arsani, *Data Envelopment Analysis ( DEA ) dalam berbagai software*, no. December. 2024.
- [4] E. Minarti, "Perancangan Sistem Informasi Efisiensi Kinerja Pegawai Dengan Metode Data Envelopment Analysis," vol. 2, no. 1, 2024.
- [5] S. D. Muhammad Nugraha, Mulyadi, Dwi Prastowo Darminto, "Analisis Efisiensi Perbankan Indonesia Dengan Data Envelopment Analysis," vol. 8, no. 4, 2023.
- [6] M. Kholid, E. Hasan, I. Hamdala, D. T. Industri, U. Brawijaya, and J. M. Haryono, "Pengambilan Keputusan Pemilihan Supplier Kemasan Dengan Pendekatan Analytical Hierarchy Process Dan Analisis Efisiensi Relatif Decision-Making," vol. 02, no. 02, pp. 212–223, 2025.
- [7] I. Fatmawati, "Kajian Efisiensi Produksi Industri Batik Kain Di Desa Jarum Dengan Metode Data Envelopment Analysis ( DEA )," vol. 37, no. 1, pp. 119–137, 2025.
- [8] F. N. S. Rika Meilani, Nur Rohmah Lufti A'yuni, "Pengukuran Efisiensi Produksi Ekstrak Daun Kelor Di Umkm Bina Agro Mandiri Menggunakan Data Envelopment Analysis (DEA)," vol. 6, no. 2, pp. 284–299, 2025.
- [9] I. A. S. Wulandari, "Environment Performance Index Assessment Production : A Case Study in Indonesia on Food," vol. 23, no. 2, pp. 93–104, 2022.
- [10] L. Bamatraf and R. Prabowo, "Pengukuran Kinerja Institusi dengan Pendekatan BSC ( Balanced Scorecard ) dan DEA ( Data Envelope Analysis ) Dalam Peningkatan Efisiensi Organisasi ( Studi Kasus : Satuan Polisi Pamong Praja - Kabupaten Kampar , Provinsi Riau )," vol. 7, no. 2, pp. 150–159, 2024.
- [11] W. Fatmawati, N. Marlyana, and A. G. Atina, "Pengukuran Tingkat Efisiensi Aktivitas Proses Produksi Menggunakan Metode Data Envelopment Analysis ( DEA )," vol. 1, no. 2, pp. 30–35, 2023.
- [12] W. Habsari, M. Fuad, and A. A. Jakfar, "Analisis Kinerja Rantai Pasok Ikan Bandeng Dengan Metode Data Envelopment Analysis ( Studi Kasus UD . TBS )," vol. 4, no. 2, pp. 17–28, 2021.
- [13] F. A. Triuspitorini, "Pendekatan Data Envelopment Analysis untuk Mengukur Kinerja Keuangan Bank BJB

- Periode Tahun 2015-2020,” vol. 2, no. 3, pp. 508–516, 2022.
- [14] N. T. Lestari, I. P. Tama, and U. Brawijaya, “Pengukuran Efisiensi Aktivitas Pemilihan Supplier Dengan Menggunakan Metode Data Envelopment Analysis (Dea) Pada Industri Garmen,” vol. 6, pp. 1153–1155, 2023.
- [15] D. A. MEILYANA, M. S. K. BUNYAMIN, and C. I. ERLIANA, *Penerapan Metode Data Envelopment Analysis untuk pengukuran efisiensi kinerja Pendidikan Sekolah Menengah Keatas*. 2020.

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*