

Analisis tingkat kontribusi teknologi pada produksi gula di pabrik gula Gempolkrep Mojokerto

*Analysis of technology contribution rate to sugar production in Gempolkrep Mojokerto sugar
factory*

Teguh Yulianto¹⁾*, Nuriah Yuliati²⁾, Mirza Andrian Syah³⁾

^{1,2,3}Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa
Timur

*Email korespondensi: nuriah_y@upnjatim.ac.id

Informasi artikel:

Dikirim: 04/05/2025; disetujui: 23/05/2025; diterbitkan: 30/09/2025

ABSTRACT

The sugar industry in Indonesia plays an important role in supporting national food security. Sugar factories as one of the vital sectors not only produce sugar for domestic consumption but also contribute to the local economy and the agricultural sector, especially sugar cane. Gempolkrep Sugar Factory, which has been operating since 1849, is one of the sugar factories that faces challenges in terms of increasing production yields, as seen from the stagnation of yields around 8% in the last 6 years. This study aims to analyse the condition of the sugar production process, identify the contribution of technology to production, and determine the priority of improvements needed at Gempolkrep Sugar Factory. The research methods used are descriptive method to describe the production process, technometric method to assess technology contribution, and AHP (Analytical Hierarchy Process) method to determine improvement priorities. The results of this study show that the sugar production process at Gempolkrep Sugar Factory consists of 7 stages, with the technology applied classified as semi-modern with a TCC value of 0.675. The main improvement priority that must be done is machine modernisation with an AHP score of 0.473 which is focused on improving the IoT-based monitoring system with an AHP score of 0.460. The conclusion from these results is that implementing improvements based on existing priorities will help increase production yields and produce more consistent sugar products.

Keywords: *Gempolkrep sugar factory, technology contribution, improvement priority, technometrics, AHP*

ABSTRAK

Industri gula di Indonesia memegang peranan penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Pabrik gula sebagai salah satu sektor vital tidak hanya memproduksi gula untuk konsumsi dalam negeri, namun juga berkontribusi pada perekonomian lokal dan sektor pertanian, khususnya tebu. Pabrik Gula Gempolkrep yang telah beroperasi sejak tahun 1849 merupakan salah satu pabrik gula yang menghadapi tantangan dalam hal peningkatan rendemen, terlihat dari stagnasi rendemen sekitar 8% dalam 6 tahun terakhir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi proses produksi gula, mengidentifikasi kontribusi teknologi terhadap produksi, dan menentukan prioritas perbaikan yang diperlukan di Pabrik Gula Gempolkrep. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif untuk menggambarkan proses produksi, metode teknometrik untuk menilai kontribusi teknologi, dan metode AHP (Analytical Hierarchy Process) untuk menentukan prioritas perbaikan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan

bahwa proses produksi gula di PG Gempolkrep terdiri dari 7 tahapan, dengan teknologi yang diterapkan tergolong semi modern dengan nilai TCC sebesar 0,675. Prioritas perbaikan utama yang harus dilakukan adalah modernisasi mesin dengan nilai AHP sebesar 0,473 yang difokuskan pada perbaikan sistem monitoring berbasis IoT dengan nilai AHP sebesar 0,460. Kesimpulan dari hasil tersebut adalah dengan melakukan perbaikan berdasarkan prioritas yang ada akan membantu meningkatkan hasil produksi dan menghasilkan produk gula yang lebih konsisten.

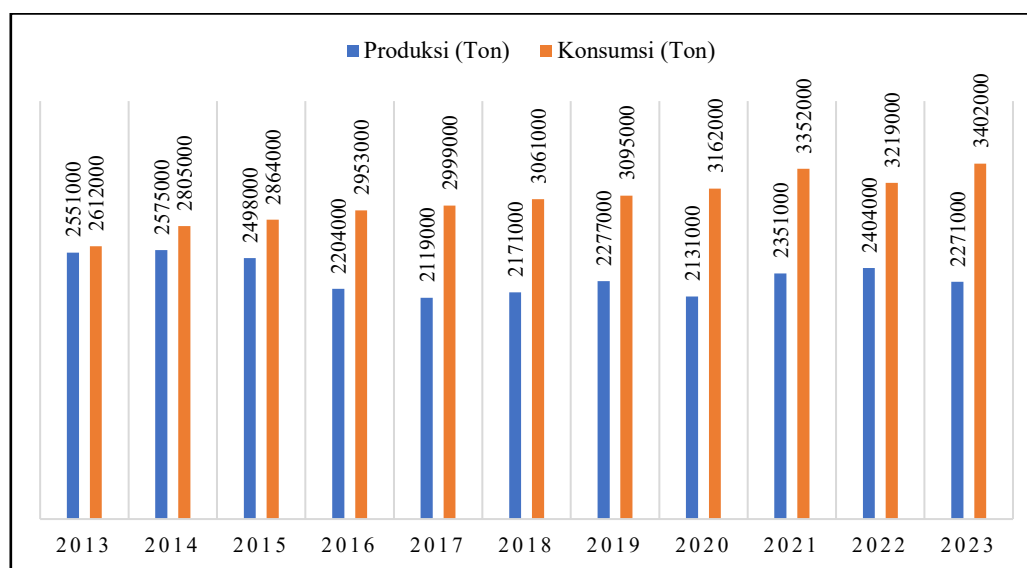
Kata kunci: pabrik gula Gempolkrep, kontribusi teknologi, prioritas perbaikan, teknometrik, AHP

PENDAHULUAN

Industri gula di Indonesia memiliki peran sentral dalam mendukung proses produksi gula nasional. Sebagai tulang punggung dalam industri gula, pabrik-pabrik tersebut tidak hanya menghasilkan produk gula siap pakai untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik, tetapi juga berperan dalam menyerap tenaga kerja, mendorong pertumbuhan ekonomi lokal, dan memperkuat sektor pertanian khususnya tebu sebagai bahan baku utama. Keberadaan pabrik gula menjadi kunci penting dalam menjaga kesinambungan antara sektor pertanian dan industri, serta memastikan bahwa hasil produksi gula dalam negeri mampu memenuhi sebagian besar kebutuhan nasional, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada impor gula (Sandi,

2022).

Tantangan yang dihadapi industri gula nasional saat ini cukup kompleks, salah satunya adalah ketidakmampuan industri gula dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan dan permintaan gula masyarakat yang terus meningkat. Menurut Agustin (2022) hal ini dikarenakan meningkatnya jumlah penduduk serta pendapatan per-kapita masyarakat setiap tahunnya. Data menurut BPS tahun 2024 menunjukkan bahwa produksi gula di Indonesia rata-rata berada di angka 2 juta ton tiap tahunnya sedangkan kebutuhan konsumsi masyarakat Indonesia terhadap gula makin meningkat tiap tahunnya di angka 2 hingga 3 juta ton pertahun yang menunjukkan terjadinya defisit antara kemampuan produksi gula dan kebutuhan konsumsi masyarakat Indonesia yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Data produksi dan konsumsi gula di Indonesia 2013-2023

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi rendahnya produktivitas gula

di Indonesia juga dipengaruhi oleh teknologi yang digunakan dalam proses produksi gula

masih belum efektif, hal ini diakibatkan karena pabrik gula di Indonesia sudah berusia tua hingga diatas 100 tahun (Rahmad *et al.*, 2012). Melalui hal tersebut maka diperlukan upaya revitalisasi teknologi pada pabrik gula yang ada di Indonesia guna meningkatkan produktivitas.

Pembenahan serta revitalisasi pada pabrik gula dapat dilakukan dengan maksimal dengan memahami alur produksi yang ada, mengetahui kontribusi pada komponen teknologi yang terkandung pada pabrik, kemudian mengetahui prioritas perbaikan yang dapat dilakukan. Komponen teknologi yang dimaksud adalah *technoware* yang mencakup peralatan dan mesin yang digunakan dalam proses produksi, *humanware* yang merupakan kemampuan insani dan kompetensi sumber daya manusia yang mengoperasikan teknologi, *inforeware* merupakan komponen yang mencakup sistem informasi dan pengetahuan yang mendukung operasional perusahaan, dan *orgaware* yang mencakup aturan serta prosedur yang ada dalam suatu organisasi.

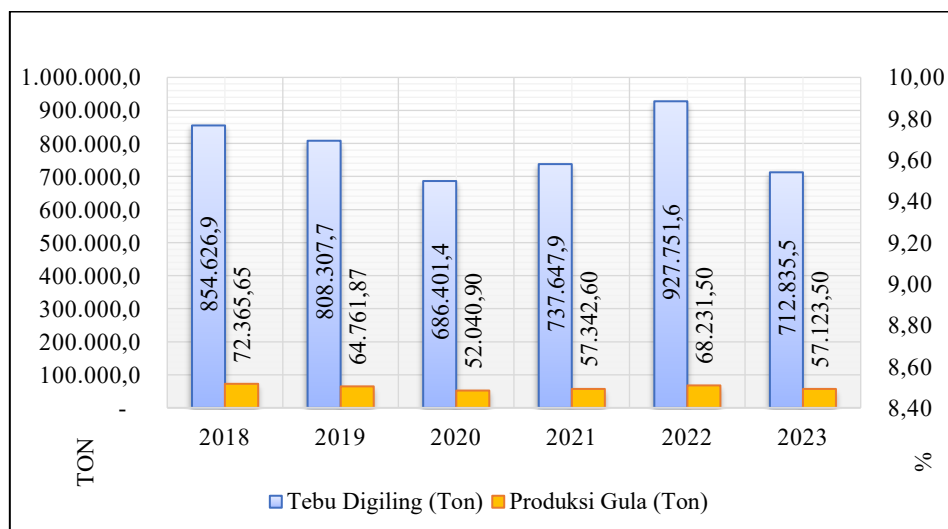
Upaya mengetahui kontribusi komponen teknologi dapat dilakukan dengan metode teknometrik yang merupakan pendekatan dengan menggabungkan teknik statistik dan analisis data untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan dalam berbagai bidang, termasuk dalam dunia industri. Menurut Sukarsa dan Sulaeman (2024) metode ini memungkinkan analisis yang lebih mendalam terhadap data historis, sehingga dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Penelitian oleh Rohana (2025) menunjukkan bahwa penggunaan model teknometrik dalam peramalan dapat meningkatkan ketepatan estimasi dibandingkan dengan metode tradisional. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemilihan model yang tepat dalam analisis penting untuk mencapai hasil yang optimal. Dengan demikian metode ini tidak hanya meningkatkan akurasi, tetapi juga efisiensi dalam pengambilan keputusan.

Penentuan prioritas perbaikan dapat dilakukan dengan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*), yang mana metode AHP

merupakan teknik pengambilan keputusan yang sistematis dan terstruktur yang memungkinkan pengambilan keputusan untuk mengevaluasi sebagai alternatif berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Penelitian oleh Sitinjak dan Silalahi (2023) menunjukkan bahwa AHP efektif dalam mengidentifikasi prioritas dalam proses perbaikan. Dengan kemampuannya untuk menggabungkan data kualitatif dan kuantitatif, AHP menjadi alat yang sangat berharga dalam pengambilan keputusan yang berbasis bukti. Penelitian oleh Ghozali *et al.*, (2024) menyatakan bahwa AHP dapat digunakan untuk membantu dalam mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko yang perlu ditangani. Dengan fleksibilitas dan kemampuannya untuk menangani berbagai kriteria, AHP menjadi metode yang efektif dalam mendukung pengambilan keputusan yang kompleks di berbagai sektor, termasuk pada pabrik gula.

Salah satu pabrik gula yang memiliki sejarah panjang di Indonesia adalah Pabrik Gula Gempolkrep, yang telah berdiri sejak tahun 1849. Saat ini, pabrik gula ini masih aktif beroperasi di bawah naungan PT Perkebunan Nusantara X (PTPN X), dan menjadi salah satu pilar penting dalam industri gula di Jawa Timur. Namun, meskipun memiliki sejarah yang cukup panjang, Pabrik Gula Gempolkrep mengalami stagnasi dalam hal tingkat produksi dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini dapat dilihat dengan jelas dari data yang menunjukkan bahwa rendemen (rasio antara berat gula yang dihasilkan dengan berat tebu yang digiling) pabrik ini berada di sekitar angka 8% dalam enam tahun terakhir. Performa rendemen yang cenderung stabil namun rendah ini memberikan gambaran adanya tantangan yang harus dihadapi oleh pabrik dalam upaya meningkatkan efisiensi produksi. Gambar di bawah ini memberikan gambaran lebih spesifik mengenai kondisi tersebut, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Dalam konteks ini, penting untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi stagnasi rendemen, seperti kualitas bahan baku, teknologi yang digunakan, serta sistem

manajemen produksi, yang mungkin perlu dioptimalkan agar dapat meningkatkan produktivitas pabrik ke depan.



Gambar 2. Tebu digiling dan produksi gula di pabrik gula Gempolkrep 2018-2023

Berdasarkan hal tersebut maka penting bagi Pabrik Gula Gempolkrep untuk melakukan analisis kontribusi teknologi secara mendalam dengan metode teknometrik. Metode teknometrik memungkinkan pengukuran secara sistematis terhadap kontribusi masing-masing komponen teknologi berupa *technoware*, *humanware*, *infoware*, dan *orgaware*. Serta metode AHP berguna dalam menentukan preferensi dan prioritas perbaikan dari berbagai komponen teknologi berdasarkan bobot kepentingannya. Melalui metode AHP, Pabrik Gula Gempolkrep dapat memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai perbaikan mana yang perlu diutamakan. Oleh karena itu kombinasi antara analisis teknometrik untuk mengevaluasi kontribusi teknologi dan AHP untuk menetapkan prioritas perbaikan dapat memberikan dasar yang kuat bagi pabrik untuk mengambil langkah-langkah strategis dalam memperkuat keseluruhan kinerja perusahaan.

METODE

Metode penelitian

Metode penelitian terdiri dari dua langkah yaitu penghitungan teknometrik dan penghitungan AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Tahapan penghitungan dengan metode teknometrik diantaranya sebagai berikut:

1. Mengestimasi batas atas dan bawah tingkat kecanggihan komponen teknologi (sofistikasi) yang terlibat dalam proses produksi dengan pemberian skor antara 1-9 yang diperlihatkan pada Tabel 1.
2. Menilai tingkat kemutakhiran (*state of the art/SOTA*) untuk mengetahui tingkat kemutakhiran yang ada pada keempat komponen teknologi yang dimana pada masing-masing komponen terdapat kriteria yang kemudian diberikan skor dari 1-10, secara spesifik kriteria yang dinilai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Golongan tingkat kecanggihan komponen teknologi

Tingkat Kecanggihan Komponen Teknologi				Skor
<i>Technoware</i>	<i>Humanware</i>	<i>Infoware</i>	<i>Orgaware</i>	
Fasilitas manual	Kemampuan melakukan operasional	Informasi pengenalan	Kerangka kerja perjuangan	1 2 3
Fasilitas ber-SDM	Kemampuan memperbaiki	Informasi penggambaran	Kerangka kerja penggabungan	2 3 4
Fasilitas fungsi umum	Kemampuan memperbaiki	Informasi pemilihan	Kerangka kerja penjelajahan	3 4 5
Fasilitas fungsi khusus	Kemampuan mereproduksi	Informasi penggunaan	Kerangka kerja perlindungan	4 5 6
Fasilitas otomatis	Kemampuan adaptasi	Informasi pemahaman	Kerangka kerja stabilitas	5 6 7
Fasilitas komputer	Kemampuan improvisasi	Informasi perbaikan	Kerangka kerja pencarian peluang	6 7 8
Fasilitas terpadu	Kemampuan inovasi	Informasi penilaian	Kerangka kerja kepemimpinan	7 8 9

Tabel 2. Kriteria penilaian tingkat kemutakhiran

<i>Technoware</i>	<i>Humanware</i>	<i>Infoware</i>	<i>Orgaware</i>
Tipe mesin yang digunakan	Kesadaran dalam tugas	Bentang informasi manajemen	Otonomi perusahaan
Tipe proses yang diterapkan	Kesadaran akan disiplin dan tanggung jawab	Menginformasikan masalah dengan segera	Visi perusahaan
Frekuensi perawatan mesin	Kreativitas dan inovasi dalam penyelesaian masalah	Jaringan informasi di dalam perusahaan	Menciptakan lingkungan yang kondusif selama perbaikan
Pemeriksaan pada tiap pengerjaan	Kemampuan dalam pemeliharaan fasilitas produksi	Prosedur komunikasi antar anggota di dalam perusahaan	Memotivasi karyawan dengan kepemimpinan yang efektif
Pengukuran pada tiap pengerjaan	Kesadaran mengenai bekerja dalam kelompok	Sistem informasi perusahaan dalam mendukung aktivitas perusahaan	Beradaptasi dengan perubahan lingkungan bisnis dan tuntutan eksternal
Tingkat keamanan dan keselamatan kerja	Kemampuan dalam penyelesaian masalah perusahaan	Penyimpanan dan pengambilan informasi kembali	Bekerja sama dengan pemasok
	Kemampuan bekerja sama (<i>teamwork</i>)		Menjaga hubungan yang harmonis dengan pelanggan
	Kepemimpinan (<i>leadership</i>)		Memperoleh sumber daya dari luar

Setelah pemberian skor masing-masing kriteria pada komponen teknologi, kemudian dilakukan penghitungan dengan rumus dibawah guna mendapatkan nilai kemutakhiran masing-masing komponen teknologi.

State of the Art komponen *Technoware*

$$ST = \frac{1}{10} \left[\sum k \frac{tik}{kt} \right] \dots\dots\dots (1)$$

State of the Art komponen *Humanware*

$$SH = \frac{1}{10} \left[\sum l \frac{hlj}{lh} \right] \dots\dots\dots (2)$$

State of the Art komponen *Infoware*

$$SI = \frac{1}{10} \left[\sum m \frac{fm}{mf} \right] \dots\dots\dots (3)$$

State of the Art komponen *Orgaware*

$$SO = \frac{1}{10} \left[\sum n \frac{on}{no} \right] \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

tik = Skor kriteria ke-k untuk komponen *technoware*

kt = Banyaknya kriteria untuk komponen *technoware*

hlj = Skor kriteria ke-j untuk komponen *humanware*

lh = Banyaknya kriteria untuk komponen *humanware*

fm = Skor kriteria ke-m untuk komponen *infoware*

mf = Banyaknya kriteria untuk komponen *infoware*

on = Skor kriteria ke-n untuk komponen *orgaware*

no = Banyaknya kriteria untuk komponen *orgaware*

- Menghitung kontribusi komponen teknologi dengan menggunakan batas-batas tingkat kecanggihan (s sofistikasi) dan nilai tingkat kemutakhiran (*state of the art*). Kontribusi komponen teknologi dihitung dengan rumus dibawah sesuai dengan acuan oleh (Alkadri *et al.*, 2013).

$$Ti = 1/9 [LT+ST (UTI-LTI)]\dots\dots(5)$$

$$Hj = 1/9 [LH+SH (UH-LH)]\dots\dots(6)$$

$$I = 1/9 [LI+SI (UI-LI)] \dots\dots(7)$$

$$O = 1/9 [LO+SO (UO-LO)]\dots\dots(8)$$

Dimana:

Ti = Kontribusi masing-masing item T dari *technoware*

Hj = Kontribusi masing-masing item H dari *humanware*

I = Kontribusi masing-masing item I dari *infoware*

O = Kontribusi masing-masing item O dari *orgaware*

UTI = Batas atas komponen *technoware*

UH = Batas atas komponen *humanware*

UI = Batas atas komponen *infoware*

UO = Batas atas komponen *orgaware*

LTI = Batas bawah komponen *technoware*

LH = Batas bawah komponen *humanware*

LI = Batas bawah komponen *infoware*

LO = Batas bawah komponen *orgaware*

ST = Skor SOTA komponen *technoware*

SH = Skor SOTA komponen *humanware*

SI = Skor SOTA komponen *infoware*

SO = Skor SOTA komponen *orgaware*

- Menghitung intensitas kontribusi komponen teknologi dengan menggunakan perbandingan berpasangan melalui *pairwise comparison* yang merupakan bagian dari tahapan metode AHP untuk menyatakan tingkat kepentingan relatif dari suatu komponen teknologi terhadap komponen teknologi yang lain.
- Menghitung nilai TCC (*Technology Contribution Coefficient*) untuk mengetahui tingkat kontribusi teknologi yang terdapat di Pabrik Gula Gempolkrep dengan menggunakan rumus dibawah yang kemudian hasil yang didapatkan dapat digolongkan menurut golongan level teknologi perusahaan yang ada pada Tabel 3.

$$TCC = T^{\beta t} \times H^{\beta h} \times I^{\beta i} \times O^{\beta o} \dots\dots(9)$$

Tabel 3. Tingkat teknologi TCC

Nilai TCC	Tingkat Teknologi
$0 < TCC \leq 0,1$	Tradisional
$0,1 < TCC \leq 0,3$	Tradisional
$0,3 < TCC \leq 0,5$	Semi-Modern
$0,5 < TCC \leq 0,7$	Semi-Modern
$0,7 < TCC \leq 0,7$	Modern
$0,9 < TCC \leq 1,0$	Modern

Tahapan penghitungan dengan metode AHP menurut Saaty, (2008) diantaranya sebagai berikut:

1. Membuat hierarki dilakukan dengan cara mengidentifikasi informasi yang sedang diamati di Pabrik Gula Gempolkrep. Pembuatan hierarki dilakukan dengan membuat kerangka penjabaran dari tujuan, kriteria, dan alternatif yang digunakan untuk mendefinisikan masalah dan memperoleh persepsi yang akurat.
2. Membuat matriks perbandingan berpasangan yang dibuat untuk menggambarkan pengaruh dari setiap elemen terhadap masing-masing sub hierarki dalam bentuk berpasangan berdasarkan skala AHP seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks perbandingan berpasangan

	A1	A2	An
A1	a11	a12	a1n
A2	a21	a22	a2n
.....
An	an1	an2	ann

Matriks perbandingan berpasangan pada Tabel 4 menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh tiap elemen terhadap masing-masing tujuan dan kriteria setingkat di atasnya. Matriks perbandingan berpasangan memuat tingkat preferensi beberapa alternatif untuk kriteria penentuan rasio konsistensi. Selanjutnya dihitung indeks konsistensi untuk mengetahui konsistensi jawaban yang akan berpengaruh untuk kebenaran hasil yang didapatkan. Penghitungan indeks

konsistensi dapat dilakukan dengan persamaan:

3. Menghitung nilai CI (*consistency index*)

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n(n-1)}$$

Dimana:

n = banyak elemen

λ_{maks} = *eigen vector*

Untuk mengetahui nilai CI sudah cukup baik atau tidak maka perlu diketahui CR (*Consistency Index*), rasio konsistensi yang merupakan parameter untuk memeriksa apakah perbandingan berpasangan telah dilakukan dengan konsisten dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

4. Menghitung CR (*consistency ratio*)

$$CR = \frac{CI}{IR}$$

Dimana:

CR = Consistency Ratio

CI = Consistency Index

IR = Index Random Consistency

5. Syarat penyusunan matriks perbandingan dapat diterima apabila nilai $CR > 0,1$. Apabila $CR > 0,1$ maka penilaian perbandingan harus dilakukan kembali

Analisis data

Analisis data menggunakan metode teknometrik dan AHP (*Analytical Hierarchy Process*) pada penelitian ini secara keseluruhan menggunakan bantuan perangkat lunak Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penghitungan nilai TCC di pabrik gula gempolkrep menggunakan metode teknometrik

Penghitungan nilai TCC di Pabrik Gula Gempolkrep menjadi langkah penting dalam mengukur sejauh mana teknologi yang digunakan mampu mendukung efisiensi dan produktivitas dalam proses produksi. Penentuan nilai TCC ini menggunakan metode teknometrik karena metode ini mengukur empat komponen teknologi berupa *technoware*, *humanware*, *infoware* dan *orgaware* pada Pabrik Gula Gempolkrep

secara komprehensif.

1. *Estimasi tingkat kecanggihan komponen teknologi (s sofistikasi)*

Pengestimasian tingkat kecanggihan komponen teknologi (s sofistikasi) dilakukan dengan penentuan batas bawah / *lower limit* (LL) dan batas atas / *upper limit* (UL) dari masing-masing empat komponen teknologi yang ada. Tahap ini bertujuan untuk memastikan analisis dilakukan secara objektif dan terukur sehingga memudahkan dalam pengelompokan komponen berdasarkan tingkat kecanggihannya.

Tabel 5. Hasil estimasi tingkat kecanggihan komponen teknologi (s sofistikasi)

Komponen teknologi	<i>Lower limit</i> (LL)	<i>Upper Limit</i> (UL)	Deskripsi
<i>Technoware</i>	4	7	LL : Fasilitas rata-rata masih bersumber daya manusia UL : Fasilitas sudah ada beberapa yang otomatis
<i>Humanware</i>	5	9	LL : Pegawai sudah memiliki kemampuan menggunakan teknologi UL : Pegawai mampu melakukan improvisasi
<i>Infoware</i>	5	7	LL : Informasi yang tersedia masih ada hanya bagi pengguna saja UL : Informasi penilaian tersedia
<i>Orgaware</i>	5	8	LL : Organisasi yang tersedia sudah memiliki perlindungan UL : Organisasi manajemen sudah menerapkan kerja kepemimpinan

Hasil estimasi pada Tabel 5 menunjukkan bahwa komponen *technoware* memiliki batas bawah sebesar 4 dan batas atas sebesar 7 yang menunjukkan bahwa Pabrik Gula Gempolkrep memiliki fasilitas teknologi yang bersumber daya manusia dan terdapat pula yang sudah berjalan secara otomatis. Komponen *technoware* yang masih belum terotomatisasi dapat menyebabkan produksi menjadi lebih lambat dan lebih bergantung pada sumber daya manusia yang memiliki keterbatasan. Hal ini sesuai dengan pernyataan yang disampaikan oleh Pramudita *et al.*, (2024) bahwa otomatisasi dalam proses produksi tidak hanya meningkatkan

kecepatan produksi, tetapi juga mengurangi kesalahan manusia yang dapat merugikan kualitas produk.

Komponen *humanware* memiliki batas bawah sebesar 5 dan batas atas sebesar 9 yang menunjukkan bahwa pegawai memiliki kemampuan yang cukup dalam menggunakan teknologi utamanya untuk menyiapkan dan mengoperasikan mesin-mesin yang akan digunakan serta melakukan kalibrasi mesin secara rutin kemudian kemampuan paling tingginya adalah mampu melakukan improvisasi dalam menghadapi tantangan operasional yang lebih kompleks, misalnya ketika mesin penggilingan tebu mengalami

penurunan tekanan yang mengakibatkan proses penggilingan menjadi lebih lambat, maka supervisor dapat menyesuaikan kecepatan mesin sementara, memantau secara manual, atau mengalihkan proses ke mesin lain yang masih berfungsi dengan baik. Kemampuan ini sangat penting dalam industri seperti yang dijelaskan oleh Sugiharto (2023) yang menunjukkan bahwa dalam menghadapi situasi tak terduga, kemampuan improvisasi karyawan sangat mempengaruhi efisiensi operasional dan kualitas hasil produksi.

Komponen *infoware* memiliki batas bawah sebesar 5 dan batas atas sebesar 7 yang menunjukkan bahwa informasi yang ada masih ada yang hanya dimiliki oleh pengguna seperti supervisor atau manajer lapangan. Data mengenai berapa banyak pegawai, seberapa banyak bahan baku dalam setiap batch produksi atau konsumsi energi dalam proses menjadi informasi yang dibatasi dan tidak semua pihak dapat mengakses data tersebut kemudian terdapat informasi yang mencakup penilaian secara menyeluruh hal ini memungkinkan transparansi yang lebih besar dan memperkuat komunikasi antara perusahaan dan pemangku kepentingan eksternal seperti masyarakat, investor, dan pihak terkait lainnya. Hal ini juga selaras dengan pernyataan yang disampaikan oleh Anaam *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa transparansi informasi di perusahaan tidak hanya meningkatkan kepercayaan *stakeholders* tetapi juga dapat memperbaiki hubungan eksternal dan mendorong partisipasi aktif dari pihak terkait.

Komponen *orgaware* memiliki batas bawah sebesar 5 dan batas atas sebesar 8 yang menunjukkan bahwa pengelolaan organisasi yang ada di Pabrik Gula Gempolkrep telah memiliki perlindungan dasar berupa prosedur operasional standar (SOP) dan kebijakan yang mendukung keberlanjutan serta secara bersamaan juga mampu mengelola organisasi dengan menerapkan kepemimpinan yang matang dengan pembagian tanggung jawab yang jelas dan koordinasi tim yang lebih efektif. Penerapan kepemimpinan yang jelas didalam pabrik dapat berdampak pada pemberdayaan karyawan dalam jangka

panjang, hal ini diperkuat dengan pernyataan Robinson (2014) bahwa struktur kepemimpinan yang baik dan pembagian tugas yang jelas dapat meningkatkan efektivitas organisasi, mengurangi ketegangan, dan meningkatkan produktivitas secara keseluruhan. Hasil estimasi tingkat kemajuan ini menunjukkan seberapa canggih masing-masing komponen teknologi yang ada di Pabrik Gula Gempolkrep.

2. Penilaian tingkat kemutakhiran (*state of the art / SOTA*)

Penilaian tingkat kemutakhiran pada keempat komponen teknologi yang ada di Pabrik Gula Gempolkrep menggunakan rumus (1) sampai (4) dengan beberapa kriteria acuan penilaian pada Tabel 2.

Tabel 6. Hasil penilaian tingkat kemutakhiran / SOTA

Komponen teknologi	<i>State of the art</i> (SOTA)
<i>Technoware</i>	0,6
<i>Humanware</i>	0,7
<i>Infoware</i>	0,612
<i>Orgaware</i>	0,624

Hasil penilaian kemutakhiran / *state of the art* pada Tabel 6 diatas menunjukkan bahwa komponen *technoware* memiliki nilai sebesar 0,6 yang berarti sudah cukup baik namun terdapat beberapa perbaikan yang dapat dilakukan utamanya dalam adopsi sistem otomatisasi, *maintenance* berbasis prediksi, hingga sistem keselamatan cerdas berbasis sensor. Penelitian oleh Zulfikar *et al.*, (2023) mengungkapkan bahwa penerapan teknologi otomatisasi di manufaktur dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia dan meningkatkan efisiensi operasional.

Komponen *humanware* memiliki nilai sebesar 0,7 dan memiliki nilai kemutakhiran tertinggi yang berarti bahwa sumber daya manusia yang ada sudah dalam kondisi baik untuk mendukung keberlanjutan operasional namun terdapat beberapa pegawai yang memerlukan perhatian dalam upaya peningkatan kedisiplinan kerja. Sejalan

dengan temuan Hanoum *et al.*, (2024) yang menyatakan bahwa pengembangan keterampilan melalui pelatihan berkelanjutan dapat meningkatkan kedisiplinan dan produktivitas pegawai utamanya di sektor manufaktur.

Komponen *infoware* memiliki nilai sebesar 0,612 menunjukkan bahwa pabrik memiliki kemutakhiran yang cukup dalam mendukung kegiatan operasional namun memerlukan peningkatan dalam kecepatan jaringan guna memperlancar komunikasi dan penyebaran informasi. Penelitian oleh Hidyantari *et al.*, (2024) menekankan bahwa peningkatan infrastruktur teknologi informasi dapat mempercepat aliran informasi dan meningkatkan koordinasi dalam organisasi.

Komponen *orgaware* memiliki nilai sebesar 0,624 yang berarti cukup baik dalam menjalankan prosedur operasional standar (SOP) dan kepemimpinan, namun perlu sedikit upaya dalam pembekalan berbasis kepemimpinan untuk meningkatkan koordinasi tim. Amalia *et al.*, (2025) menyoroti pentingnya penguatan kepemimpinan yang efektif dalam organisasi agar dapat menciptakan lingkungan kerja yang produktif dan memastikan kelancaran operasional jangka panjang.

Hasil secara keseluruhan menunjukkan bahwa Pabrik Gula Gempolkrep memiliki tingkat kemutakhiran yang cukup memadai namun terdapat peluang perbaikan yang dapat dilakukan guna memastikan kelancaran operasional yang lebih baik serta mendukung pertumbuhan dalam jangka panjang.

3. Kontribusi komponen teknologi

Kontribusi komponen teknologi dianalisis guna mengetahui sejauh mana setiap komponen teknologi berperan dan menyumbang kontribusi dalam mendukung kinerja keseluruhan operasional pabrik. Tingkat kontribusi masing-masing komponen teknologi dihitung dengan menggunakan rumus (5) sampai (8) yang didalam rumus tersebut menggunakan batas-batas tingkat kemajuan dan tingkat kemutakhiran yang telah dihitung sebelumnya.

Tabel 7. Hasil kontribusi komponen teknologi

Komponen teknologi	Tingkat kontribusi
<i>Technoware</i>	0,644
<i>Humanware</i>	0,711
<i>Infoware</i>	0,758
<i>Orgaware</i>	0,76

Hasil kontribusi komponen teknologi pada Tabel 7 secara berurutan T<H<I<O yang dimana komponen *technoware* memiliki kontribusi terkecil sebesar 0,644 yang berarti bahwa komponen teknologi utamanya mesin di pabrik saat ini memiliki keterbatasan karena mesin yang ada saat ini relatif tua dan usang namun dapat beroperasi dengan cukup baik. Namun sebaiknya mesin yang ada dapat diperbaharui guna sistem produksi yang lebih baik, selaras dengan yang dijelaskan oleh Nainggolan *et al.*, (2023) bahwa teknologi yang ada di perusahaan harus selalu diperbaharui untuk menjaga keberlanjutan dan daya saing meskipun teknologi lama tetap dapat digunakan dengan perawatan yang tepat.

Komponen *humanware* memiliki kontribusi 0,711 yang berarti telah memiliki kontribusi cukup baik utamanya dalam kemampuan dan keterampilan para pegawai dalam kegiatan operasional pabrik. Menurut Chaerudin *et al.*, (2020) tenaga kerja yang terampil dan berkompeten berperan penting dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas output perusahaan, karena ketika tenaga kerja dapat melakukan tugas dengan lebih efisien dan mengurangi kesalahan yang dapat merugikan perusahaan.

Komponen *infoware* memiliki kontribusi 0,758 menunjukkan kontribusi informasi dalam keseluruhan proses yang ada di pabrik sudah baik ditunjukkan dengan kemampuan sistem informasi dasar yang digunakan telah mendukung kelancaran proses produksi dan koordinasi antar departemen. Menurut Rusman dan Suwardoyo (2022), sistem informasi yang baik tidak harus selalu berbasis digital tinggi, tetapi mampu mendukung pengambilan keputusan melalui aliran data yang akurat, konsisten, dan tepat waktu.

Komponen *orgaware* menjadi komponen dengan tingkat kontribusi tertinggi sebesar 0,76 karena pada kenyataannya manajemen organisasi secara keseluruhan memberikan dampak kuat pada keberlangsungan operasional pabrik secara luas. Menurut Baviga *et al.*, (2023) perusahaan dengan struktur organisasi yang jelas cenderung memiliki sistem manajerial yang lebih terorganisir yang langsung berdampak pada efisiensi operasional.

4. Intensitas kontribusi komponen teknologi

Intensitas kontribusi komponen teknologi dianalisis guna mengetahui tingkat kepentingan relatif dari setiap komponen dengan matriks *pairwise comparison* salah satu tahapan yang ada di metode AHP. Penilaian ini tidak hanya memperhatikan peran teknis dari masing-masing komponen namun juga mencerminkan urgensi dan dampak dari masing-masing terhadap kinerja perusahaan. Pendekatan ini sesuai dengan penelitian oleh Yanthi *et al.*, (2018) yang mengungkapkan pentingnya menilai intensitas kontribusi komponen teknologi dalam mendukung strategi dan tujuan jangka panjang organisasi.

Tabel 8. Hasil intensitas kontribusi komponen teknologi

Komponen teknologi	Intensitas kontribusi
<i>Technoware</i>	0,620
<i>Humanware</i>	0,207
<i>Infoware</i>	0,090
<i>Orgaware</i>	0,081

Hasil intensitas kontribusi komponen teknologi sesuai pada Tabel 8 diatas secara berurutan $\beta O < \beta I < \beta H < \beta T$, dimana *orgaware* memiliki intensitas terendah dengan skor 0,081 karena organisasi tidak secara langsung bersinggungan dengan proses produksi namun tetap memberi pengaruh penting dalam jalannya operasional pabrik. Hal ini sejalan dengan pernyataan oleh Aditama (2020) yang menyatakan bahwa kemampuan organisasi yang baik menjadi kunci untuk menjalankan proses produksi dengan lancar utamanya dengan evaluasi rutin terhadap

standar operasional.

Komponen *infoware* memiliki intensitas terendah kedua dengan skor 0,090 yang dirasa bahwa informasi cukup penting namun belum diimplementasikan secara intens utamanya dalam perencanaan operasional dan pemantauan proses produksi namun belum ada peringatan dini terhadap kerusakan.

Komponen *humanware* memiliki intensitas terbesar kedua sebesar 0,207 yang menunjukkan bahwa sumber daya manusia memberikan dampak besar secara langsung dalam proses produksi gula, namun bantuan dari teknologi yang lebih modern memungkinkan peran manusia dapat lebih terfokus pada tugas-tugas yang memerlukan penilaian atau keputusan lebih lanjut yang tidak sepenuhnya digantikan oleh mesin atau perangkat lunak (Yanto, 2023).

Komponen *technoware* menjadi komponen dengan intensitas tertinggi sebesar 0,620 menjadikan keberadaan teknologi mesin sangat penting dan vital dalam proses produksi gula, karena keseluruhan proses yang ada bergantung pada mesin yang ada di Pabrik Gula Gempolkrep.

5. Penghitungan teknometrik

Setelah beberapa penghitungan pada komponen teknologi maka tahapan akhir adalah penghitungan TCC guna mengukur kontribusi gabungan dari keempat komponen teknologi. Rumus penghitungan TCC sendiri menggunakan rumus (9) dimana secara spesifik hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tingkat kontribusi teknologi pada Pabrik Gula Gempolkrep memiliki nilai 0,675 dan berada dalam rentang $0,5 < TCC < 0,7$ sehingga tergolong pada kategori semi modern. Semi modern disini menunjukkan bahwa pabrik telah menerapkan beberapa teknologi yang sudah mumpuni namun terdapat beberapa aspek yang memiliki peluang perbaikan sehingga operasional pabrik dapat berjalan dengan lebih optimal (Sudipa *et al.*, 2023). Seluruh komponen tentu memerlukan perbaikan secara keseluruhan, namun pabrik tentu memiliki keterbatasan dalam hal biaya

hingga waktu sehingga tidak dapat dilakukan secara bersamaan. Maka dari itu diperlukan upaya analisis yang lebih spesifik guna

mengetahui prioritas perbaikan yang dapat dilakukan.

Tabel 9. Hasil penghitungan TCC

Komponen teknologi (1)	Kontribusi (2)	Intensitas (3)	(2)^(3) (4)	TCC (5)
<i>Technoware</i>	0,644	0,620	0,761	0,675
<i>Humanware</i>	0,711	0,207	0,931	
<i>Infoware</i>	0,758	0,090	0,975	
<i>Orgaware</i>	0,76	0,081	0,978	

Penentuan prioritas perbaikan di pabrik gula gempolkrep menggunakan metode AHP

Sebagai tindak lanjut dari analisis teknometrik yang telah dilakukan sebelumnya maka dilakukan analisis guna mengetahui prioritas perbaikan yang dapat diupayakan oleh Pabrik Gula Gempolkrep secara lebih spesifik dengan menggunakan metode AHP yang memungkinkan pengambilan keputusan berbasis pada struktur hierarki yang menggabungkan berbagai tujuan, kriteria, dan alternatif solusi yang relevan.

1. Penentuan prioritas berdasarkan kriteria

Penentuan prioritas kriteria melalui metode AHP dilakukan untuk mengetahui kriteria yang akan diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan. Tahapan ini dilakukan dengan membandingkan berbagai faktor yang berperan dalam pengambilan keputusan kemudian dianalisis dengan mempertimbangkan 4 aspek kriteria utama.

Tabel 10. Hasil Prioritas Berdasarkan Kriteria

Kriteria	Skor
Modernisasi mesin	0,473
Pelatihan lanjutan	0,169
Peningkatan sistem informasi	0,230
Peningkatan organisasi	0,125

Hasil penentuan prioritas berdasarkan kriteria dapat dilihat pada Tabel 10 yang dimana kriteria yang memiliki skor terbesar akan menjadi prioritas utama perbaikan yang dapat dilakukan oleh pabrik. Kriteria

modernisasi mesin menjadi prioritas utama dengan skor 0,473 dimana tiap informan sepakat bahwa modernisasi mesin sangat penting untuk dilakukan guna mendapatkan hasil produksi yang optimal. Hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Savitri, (2019) bahwa mesin-mesin produksi yang lebih modern dapat mempercepat produksi serta mengurangi kemungkinan kerusakan atau *downtime* yang dapat menghambat jalannya produksi. Adanya modernisasi mesin yang dilakukan di Pabrik Gula Gempolkrep diharapkan mampu meningkatkan kapasitas produksi serta kualitas gula yang dihasilkan akan lebih terjamin serta penggunaan energi menjadi lebih efisien yang dapat mengurangi biaya produksi.

Kriteria peningkatan sistem informasi menempati urutan kedua dengan skor 0,230 menegaskan perannya yang krusial dalam memperkuat pengelolaan data, pengambilan keputusan yang lebih akurat, serta integrasi data yang lebih baik di tiap tahapan produksi (Herdiansah *et al.*, 2021). Sistem informasi yang lebih baik akan mempermudah Pabrik Gula Gempolkrep dalam mengambil keputusan serta memantau proses produksi yang memungkinkan untuk mendeteksi masalah lebih dini dan mengambil langkah perbaikan sebelum suatu masalah berkembang lebih besar.

Prioritas kriteria ketiga yakni pelatihan lanjutan dengan skor 0,169 mencerminkan kebutuhan strategis dalam mengembangkan kompetensi sumber daya manusia. Pelatihan lanjutan diadakan dengan harapan agar pegawai mampu beradaptasi dengan

perkembangan teknologi dan menerapkan prosedur operasional yang lebih baik sehingga dapat meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang pada gilirannya dapat berdampak langsung produktivitas dan kualitas kerja sesuai dengan tuntutan industri yang lebih dinamis (Rahayu dan Al Hadi, 2023).

Prioritas kriteria keempat yakni peningkatan organisasi dengan skor 0,125 menjadi prioritas terakhir dalam upaya perbaikan yang dilakukan di Pabrik Gula Gempolkrep, namun peningkatan organisasi tetap memainkan peran penting dalam memastikan seluruh aspek operasional pabrik berjalan dengan lancar. Pembagian tugas yang tepat, pengelolaan sumber daya manusia yang lebih baik, serta alur komunikasi yang jelas akan menciptakan lingkungan kerja yang lebih kondusif. Kondisi organisasi yang terstruktur dengan baik dapat menjadikan setiap bagian dalam pabrik dapat bekerja secara optimal tanpa adanya tumpang tindih tugas atau kebingungan mengenai tanggung jawab (Winata, 2022).

Hasil prioritas ini dapat dijadikan sebagai langkah strategis yang dapat disusun dan diimplementasikan secara bertahap dimulai dari aspek yang memiliki skor paling besar hingga mendukung aspek lainnya. Implementasi strategi ini akan saling melengkapi, dimana modernisasi mesin dapat didukung oleh sistem informasi yang andal, pegawai yang terlatih, dan organisasi yang terkelola dengan baik, sehingga tujuan perbaikan produksi gula dapat tercapai secara menyeluruh.

2. Penentuan prioritas berdasarkan alternatif

Guna mendapatkan hasil prioritas perbaikan yang lebih spesifik maka setelah menentukan prioritas kriteria dilanjutkan dengan menentukan prioritas alternatif yang dapat diimplementasikan secara nyata di Pabrik Gula Gempolkrep. Alternatif yang dipilih mempertimbangkan kondisi riil di pabrik serta berbagai faktor termasuk efektivitas dalam meningkatkan kinerja operasional, kemudahan penerapan, serta

dampak jangka panjang terhadap Pabrik Gula Gempolkrep. Alternatif yang ditentukan serta hasil skor secara spesifik dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 11. Hasil prioritas berdasarkan alternatif

Alternatif	Skor
Sistem pengawasan berbasis IoT	0,460
Pelatihan <i>lean manufacturing</i>	0,165
Penguatan keamanan data dan infrastruktur it	0,264
Restrukturisasi divisi	0,109

Analisis dengan metode AHP pada Tabel 11 menunjukkan bahwa prioritas alternatif pertama yang perlu ditingkatkan adalah penerapan sistem pengawasan berbasis IoT dengan skor 0,460 menjadi langkah yang paling strategis untuk mendukung perbaikan produksi gula di Pabrik Gula Gempolkrep. Sistem pengawasan berbasis IoT merupakan perangkat yang terhubung dapat mengirimkan data secara otomatis dan *real time* seperti informasi mengenai performa mesin, suhu, tekanan, hingga kualitas bahan baku. Hal ini memungkinkan pihak pegawai dan manajemen untuk memantau jalannya produksi secara menyeluruh tanpa harus bergantung pada inspeksi manual yang memakan waktu. Sistem ini tidak hanya memungkinkan pengawasan yang lebih terintegrasi, tetapi juga dapat membantu mendeteksi potensi masalah sejak dini, sehingga langkah perbaikan dapat diambil sebelum terjadi gangguan yang lebih besar yang berpotensi menghambat jalannya produksi (Sinaga, 2023).

Penguatan keamanan data dan infrastruktur IT menjadi prioritas alternatif kedua dengan skor 0,264. Implementasi strategi ini akan meningkatkan kemampuan pabrik dalam menyalurkan informasi secara langsung terkait status operasional pabrik seperti tingkat produksi, kualitas hasil, dan performa mesin. Penerapan secara riil yakni dengan peningkatan jaringan wifi di seluruh area pabrik, memastikan konektivitas yang stabil dan cepat untuk mendukung sistem pemantauan berbasis IoT serta akses data

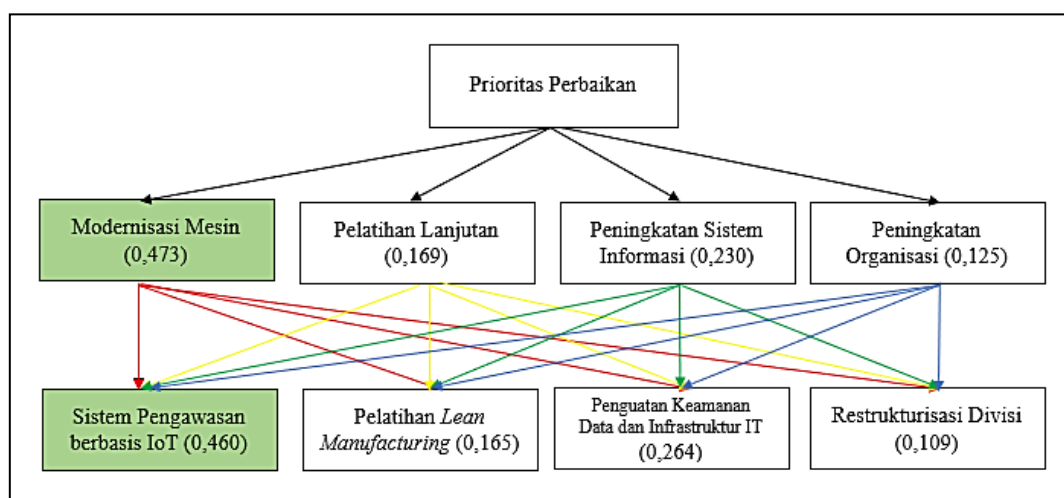
secara *real-time* (Akbar dan Riady, 2022). Sistem yang lebih aman dan terintegrasi akan menjadikan aliran data lebih akurat dan efisien sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat.

Pelatihan *lean manufacturing* dengan skor 0,165 sebagai prioritas alternatif ketiga menunjukkan perlunya peningkatan kemampuan sumber daya manusia dalam mengelola produksi dan operasional secara efisien. Pelatihan ini berfokus pada pengurangan pemborosan di berbagai tahap produksi. Secara riil salah satu contoh *lean manufacturing* yang dapat diterapkan adalah sistem kaizen yang mendorong setiap pegawai untuk selalu mencari cara dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proses kerja (Pada *et al.*, 2021). Pegawai yang memahami prinsip *lean manufacturing* memungkinkan untuk mendukung pabrik dapat terus berinovasi dengan perbaikan kecil secara terus-menerus.

Restrukturisasi divisi dengan skor 0,109 menjadi prioritas alternatif terakhir namun

tetap memiliki peran penting dalam mendukung terciptanya struktur organisasi yang lebih responsif terhadap perubahan dan tuntutan produksi. Pembagian tugas yang lebih jelas dan komunikasi yang lebih terarah dapat meningkatkan sinergi antarbagian, sehingga pelaksanaan setiap alternatif prioritas dapat berjalan dengan baik (Tampubolon, 2020). Restrukturisasi yang tepat diharapkan dapat meningkatkan komunikasi antarbagian, pengambilan keputusan menjadi lebih cepat, dan tanggung jawab setiap divisi menjadi lebih terdefinisi.

Setelah dilakukan penghitungan prioritas menggunakan metode AHP, diperoleh hasil sistematis yang menggambarkan struktur prioritas perbaikan. Secara rinci hasil dapat dilihat pada Gambar 3 yang memberikan visualisasi dengan lebih jelas mengenai urutan prioritas perbaikan yang harus diimplementasikan untuk mencapai tujuan peningkatan operasional yang optimal.



Gambar 3. Struktur prioritas perbaikan pabrik gula gempolkrep

Berdasarkan struktur prioritas perbaikan pada Pabrik Gula Gempolkrep, dapat disimpulkan bahwa modernisasi mesin merupakan kriteria utama yang perlu ditingkatkan dengan skor tertinggi sebesar 0,473. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan teknologi mesin memiliki pengaruh terbesar dalam meningkatkan efisiensi operasional Pabrik Gula Gempolkrep. Sejalan dengan hal itu,

pemerintah saat ini mendorong modernisasi pabrik gula melalui revitalisasi mesin dan penerapan teknologi digital guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional. Langkah ini sangat relevan dengan target swasembada gula nasional yang dicanangkan dalam Peraturan Presiden Nomor 40 Tahun 2023, dimana peningkatan efisiensi pabrik menjadi salah satu faktor utama dalam mencapai target tersebut

(Saragih, 2023).

Secara lebih spesifik upaya modernisasi mesin di Pabrik Gula Gempolkrep dapat diwujudkan melalui penerapan sistem pengawasan berbasis IoT yang memiliki skor tertinggi sebesar 0,460 dalam analisis prioritas alternatif. Sistem ini memungkinkan pemantauan kondisi mesin secara *real-time*, sehingga potensi gangguan atau penurunan performa dapat terdeteksi sebelum terjadi kerusakan yang lebih serius. Dengan demikian, penerapan sistem pengawasan berbasis IoT akan meningkatkan efisiensi operasional, mengoptimalkan perawatan mesin secara preventif, serta mengurangi *downtime* produksi akibat kegagalan mesin yang tidak terduga.

Penerapan sistem pengawasan berbasis IoT sejalan dengan kebutuhan modernisasi pabrik gula, karena memungkinkan pegawai serta manajemen untuk memonitor dan mengontrol perangkat secara jarak jauh menggunakan jaringan komunikasi yang lebih baik. Sistem ini membuka potensi untuk menggabungkan sistem fisik yang terkomputerisasi dengan sistem digital, meningkatkan efisiensi, akurasi, serta produktivitas sekaligus mengurangi interaksi manusia dalam pengelolaan operasional pabrik (Mantik, 2022). Hal ini tidak hanya mengoptimalkan proses produksi, tetapi juga memberikan dasar bagi manajemen untuk mengambil keputusan berbasis data yang lebih akurat, sehingga mendukung peningkatan produktivitas dan keberlanjutan operasional di Pabrik Gula Gempolkrep.

KESIMPULAN

Penghitungan TCC dengan metode teknometrik pada komponen teknologi menunjukkan bahwa saat ini Pabrik gula Gempolkrep berada pada kategori semi modern yang berarti bahwa meskipun terdapat beberapa aspek teknologi yang sudah cukup berkembang namun pabrik menghadapi keterbatasan dalam teknologi produksi yang dapat menghambat kemampuan pabrik dalam produksi secara keseluruhan. Upaya perbaikan diperlukan

untuk mengatasi hal tersebut namun perlu adanya penentuan prioritas perbaikan pada produksi dengan menggunakan metode AHP yang kemudian didapatkan hasil bahwa modernisasi mesin menjadi kriteria utama yang perlu diperbaiki. Perbaikan ini secara lebih spesifik dapat diwujudkan melalui penerapan sistem pengawasan berbasis IoT (*Internet of things*). Sistem IoT berfungsi sebagai alat pendeteksi dini untuk mengidentifikasi gangguan atau penurunan performa mesin sejak awal, sehingga memungkinkan tindakan perbaikan dilakukan lebih cepat dan mencegah kerugian yang lebih besar dalam proses produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu baik dari pihak Program Studi Agribisnis Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur serta pihak Pabrik Gula Gempolkrep Mojokerto atas informasi, fasilitas, hingga waktu yang telah disediakan untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, R. A. (2020). *Pengantar manajemen*. Malang: AE Publishing.
- Agustin, S. E. (2022). The influence of sugar consumption and international sugar prices toward the volume of sugar import in Indonesia. *JOBS (Jurnal Of Business Studies)*, 7(1), 1–14.
- Akbar, M. Z. S., & Riady, S. R. (2022). Sistem akuisisi dan monitoring performa mesin produksi berbasis internet of things (IoT) dengan metode logging data. *Jurnal Mahasiswa Bina Insani*, 7(1), 55–64. <https://doi.org/10.21776/jrm.v3i3.168>
- Alkadri, M. E., Peters, M. N., Katz, M. J., & White, C. J. (2013). State of the art paper: therapeutic hypothermia in out of hospital cardiac arrest survivors. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, 82(4), E482–E490.
- Amalia, H. A., Suacana, I. W. G., Khairunnisa, S., Simarmata, N., Chaidir,

- I. H. J., MM, M. Ik., MAP, M. P., Sudiyarti, M. S., Tariana, I. W. A., & Noviyanti Tue, S. I. P. (2025). *Pengantar perilaku organisasi*. Jakarta: CV Rey Media Grafika.
- Anaam, E. A., Haw, S.-C., & Naveen, P. (2022). Applied fuzzy and analytic hierarchy process in hybrid recommendation approaches for e-crm. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 6(2–2), 553–560. <http://doi.org/10.30630/joiv.6.2-2.1043>
- Baviga, R., Irvianti, L. S. D., Napisah, S., Adhikara, C. T., & Boari, Y. (2023). *Manajemen umkm: mengelola sdm untuk meningkatkan produktifitas umkm di Indonesia*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Chaerudin, A., Rani, I. H., & Alicia, V. (2020). *Sumber daya manusia: pilar utama kegiatan operasional organisasi*. Sukabumi: CV Jejak (Jejak Publisher).
- Ghozali, M. B., Hidayat, H., & Negoro, Y. P. (2024). Analisis risiko pada proses produksi dengan menerapkan metode house of risk, ahp dan pendekatan scor pada pt xyz. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(4), 2365–2378.
- Hanoum, F. C., Rizan, M., Susita, D., Nurjanah, S., Makhrus, I., Prabowo, H., Violinda, Q., Ramadian, A., Ernawati, E., & Kusumaningrum, R. (2024). *Manajemen sumber daya manusia*. Bandung: Penerbit Widina.
- Herdiansah, A., Borman, R. I., & Maylinda, S. (2021). Sistem informasi monitoring dan reporting quality control proses laminating berbasis web framework laravel. *Jurnal Tekno Kompak*, 15(2), 13–24. <https://doi.org/10.33365/jtk.v15i2.1091>
- Hidyantari, E., Hardiano, H., & Rahmanto, A. (2024). Evaluasi kebijakan one day service (ods) dalam meningkatkan pelayanan perizinan di kota Surabaya. *Indonesian Research Journal on Education*, 4(4), 2030–2040. <https://doi.org/10.31004/irje.v4i4.1461>
- Mantik, H. (2022). Revolusi Industri 4.0: Internet of things, implementasi pada berbagai sektor berbasis teknologi informasi (bagian 1). *JSI (Jurnal Sistem Informasi) Universitas Suryadarma*, 9(2), 41–48. <https://doi.org/10.35968/jsi.v9i2.919>
- Nainggolan, H., Nuraini, R., Sepriano, S., Aryasa, I. W. T., Meilin, A., Adhicandra, I., Putri, E., Andiyani, A., & Prayitno, H. (2023). *Green technology innovation: transformasi teknologi ramah lingkungan berbagai sektor*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Pada, A. T., Malik, A. J., & Amelia, L. H. (2021). Pembelajaran dari kaizen event di masa pandemi covid 19: studi kasus pada toyota kalla, Indonesia. *JMBI UNSRAT (Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis Dan Inovasi Universitas Sam Ratulangi)*, 8(3). <https://doi.org/10.35794/jmbi.v8i3.36021>
- Pramudita, R., Ramadhan, M. A. P., Ashari, M. R., Nafisa, R. A., & Rahmawati, D. N. (2024). Analisis dampak otomasi industri terhadap efisiensi operasional dan optimasi konsumsi energi. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 11(1). <https://doi.org/10.33197/jitter.vol11.iss1.2024.2411>
- R. Yanthi, A. Basith, J. M. (2018). Analisis kontribusi komponen teknologi pada perusahaan jasa kereta api barang dengan pendekatan model teknometrik. *Jurnal Manajemen Teknologi*, 17(3):197-215. <https://doi.org/10.12695/jmt.2018.17.3.3>
- Rahayu, S., & Al Hadi, K. (2023). Pelatihan pemanfaatan artificial intelligence (ai) untuk keefektifan presentasi yang menarik dan komunikatif. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 6(4), 1268–1271. <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v6i4.6601>
- Rahmad, R., Pratikto, P., & Wahyudi, S. (2012). Penerapan overall equipment effectiveness (oe) dalam implementasi

- total productive maintenance (tpm) (studi kasus di pabrik gula pt xyz). *Jurnal Rekayasa Mesin*, 3(3), 431–437.
- Robinson, S. (2014). *Simulation: the practice of model development and use*. London: Bloomsbury Publishing.
- Rohana, T. L. (2025). Penerapan metode peramalan menggunakan fuzzy arna: studi kasus: jumlah wisatawan mancanegara yang datang ke Jawa Barat. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 13(1), 13–24.
- Rusman, A. D. P., & Suwardoyo, U. (2022). *Penerapan sistem informasi berbasis it pengolahan data rekam medis untuk peningkatan pelayanan di rumah sakit*. Pekalongan: Penerbit Nem.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.
- Sandi, O. P. (2022). *Analisis integrasi pasar dan transmisi harga gula tebu di Provinsi Lampung dengan pasar internasional*. Lampung: Universitas Lampung.
- Saragih, J. P. (2023). Dinamika sistem produksi dan perspektif kebijakan revitalisasi industri menuju swasembada gula. *Kajian*, 22(4), 281–300.
- Savitri, A. (2019). *Revolusi industri 4.0: mengubah tantangan menjadi peluang di era disrupsi 4.0*. Yogyakarta: Penerbit Genesis.
- Sinaga, I. A. (2023). *Manajemen proyek sistem informasi*. Deli: UIN Sumatera Utara.
- Sitinjak, F. R., & Silalahi, F. T. R. (2023). Analisis strategi pemeliharaan preventive maintenance excavator menggunakan pendekatan analytical hierarchy process (ahp) dan analisis sensitivitas. *Journal of Integrated System*, 6(2), 226–242.
- Sudipa, I. G. I., Kharisma, L. P. I., Waas, D. V., Sari, F., Sutoyo, M. N., Rusliyadi, M., Setiawan, I., Martaseli, E., Sandhiyasa, I. M. S., & Winarno, E. (2023). *Penerapan decision support system (dss) dalam berbagai bidang (revolusi industri 4.0 menuju era society 5.0)*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Sugiharto, S. (2023). *Efektivitas lembaga penelitian dan pengabdian masyarakat (lppm) dalam meningkatkan produktivitas penelitian ilmiah dosen di institut ptiq Jakarta*. Institut PTIQ Jakarta.
- Sukarsa, S., & Sulaeman, D. A. (2024). Perancangan sistem pengolahan big data untuk analisis prediktif dalam bisnis dan industri. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran (JRPP)*, 7(3), 11891–11897.
- Tampubolon, M. P. (2020). *Change management: manajemen perubahan: individu, tim kerja, organisasi*. Sleman: Mitra Wacana Media.
- Winata, E. (2022). *Manajemen sumberdaya manusia lingkungan kerja: tinjauan dari dimensi perilaku organisasi dan kinerja karyawan*. Lombok: Penerbit P4I.
- Yanto, W. (2023). *Mempelajari pengoperasian dan perawatan mesin pengaduk (stirrer) pada pabrik pengolahan rubber smoke sheet (rss) di ptpn vii unit way berulu Kabupaten Pesawaran*. Lampung: Politeknik Negeri Lampung.
- Zulfikar, H., Saputra, D. R., Maulana, A., Cahyono, Y. A., & Sahara, S. (2023). Peningkatan efisiensi operasional pergudangan melalui teknologi canggih. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(16), 393–402. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8242563>