

Analisis Pengendalian Mutu Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Metode Six Sigma Pada PT. Pacific Indopalm Industries

Crude Palm Oil (CPO) Quality Control Analysis Using the Six Sigma Method at PT. Pacific Indopalm Industries

Fahrizal Amin^{a,1}, Vidi Agung Fragastia^{b,2}

^{a,b}Teknik Industri, Universitas Potensi Utama, Medan 20241, Sumatera Utara, Indonesia
akunfahrizal6@gmail.com¹, vidiagoeng@gmail.com²

ABSTRAK

Dalam industri pengolahan kelapa sawit, khususnya pada PT. Pacific Indopalm Industries, Crude Palm Oil (CPO) diolah menjadi produk turunan seperti minyak makan. Namun, dalam proses tersebut masih ditemukan permasalahan mutu, di mana beberapa parameter utama CPO sering berada di luar batas spesifikasi yang telah ditetapkan perusahaan. Parameter yang menjadi fokus penelitian ini meliputi kadar Asam Lemak Bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran. Standar mutu yang ditetapkan perusahaan adalah kadar ALB maksimum 4,00%, kadar air 0,25%, dan kadar kotoran 0,25%. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter mutu yang melebihi standar serta mencari akar penyebab ketidaksesuaian melalui metode Six Sigma dengan pendekatan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh nilai rata-rata Sigma sebesar 2,772 dengan kemungkinan kerusakan sebesar 102.138,669 DPMO (Defect Per Million Opportunities). Hasil analisis diagram Pareto menunjukkan bahwa penyimpangan mutu didominasi oleh kadar ALB sebesar 76,92%, diikuti kadar kotoran 15,38%, dan kadar air 7,69%. Temuan ini mengindikasikan bahwa mutu CPO belum sepenuhnya stabil dan masih terdapat peluang cacat yang cukup tinggi. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan upaya perbaikan secara berkelanjutan melalui peningkatan kapabilitas proses, perawatan mesin yang lebih teratur, penyesuaian standar operasional prosedur (SOP), serta pengawasan ketat terhadap tenaga kerja. Dengan langkah-langkah tersebut, diharapkan kualitas CPO dapat ditingkatkan sehingga sesuai dengan standar mutu yang berlaku, baik untuk pasar domestik maupun ekspor.

Kata Kunci : Pengendalian Mutu, Crude Palm Oil (CPO), Six Sigma, DMAIC, Kadar FFA, Kadar Air, Zat Pengotor.

ABSTRACT

In the palm oil processing industry, particularly at PT. Pacific Indopalm Industries, Crude Palm Oil (CPO) is processed into derivative products such as cooking oil. However, quality issues are still found during processing, where several key quality parameters of CPO often exceed the specification limits set by the company. The main parameters analyzed in this study are Free Fatty Acid (FFA), moisture content, and impurity levels. The company's quality standards are a maximum of 4.00% FFA, 0.25% moisture, and 0.25% impurities. This study aims to identify the quality parameters that exceed the standard and determine the root causes of non-conformance using the Six Sigma methodology with the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) approach. Based on measurement results, the average Sigma level was 2.772, with a defect probability of 102,138.669 DPMO (Defects Per Million Opportunities). The Pareto analysis revealed that deviations in quality were dominated by FFA (76.92%), followed by impurities (15.38%), and moisture content (7.69%). These findings indicate that the CPO quality is not yet fully stable, with a relatively high defect rate. Therefore, continuous improvement efforts are required, including process capability enhancement, regular machine maintenance, adjustment of Standard Operating Procedures (SOP), and stricter supervision of the workforce. By implementing these measures, the company is expected to improve CPO quality to meet national and international standards for both domestic and export markets.

Keywords : Crude Palm Oil (CPO), quality control, and Six Sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) approach.

Info Artikel :

1. PENDAHULUAN

PT. Pacific Indopalm Industries merupakan salah satu perusahaan pengolahan minyak kelapa sawit (Crude Palm Oil/CPO) yang berlokasi di Jl. Raya Dumai, Basilam Baru Km. 14 Kel. Lubuk Gaung. Perusahaan ini berperan penting dalam rantai pasok industri sawit nasional, khususnya dalam produksi CPO berkualitas yang menjadi bahan baku utama untuk produk turunan seperti minyak goreng, margarin, dan biodiesel. CPO (Crude Palm Oil) sendiri merupakan minyak mentah yang diperoleh dari daging buah kelapa sawit melalui proses perebusan dan pengepresan, sebelum melalui tahap pemurnian lebih lanjut [1].

Namun demikian, dalam proses pengolahan CPO di PT. Pacific Indopalm Industries, ditemukan adanya ketidaksesuaian mutu pada beberapa sampel produk akhir. Permasalahan utama yang muncul meliputi kadar asam lemak bebas (ALB) yang melebihi standar, kadar air yang tidak konsisten, serta kandungan zat pengotor (impurities) yang terkadang melampaui ambang batas yang diperbolehkan. Adapun standar perusahaan untuk ketiga parameter tersebut ialah kadar asam lemak 4,00 max, kadar air 0,25 max, dan zat pengotor 0,25 max. Ketidaksesuaian ini berdampak pada penurunan kualitas produk dan berpotensi menyebabkan penolakan oleh pembeli atau regulator. Selain itu, inkonsistensi mutu juga dapat meningkatkan biaya produksi akibat proses rework dan menurunkan tingkat kepercayaan mitra bisnis. Oleh karena itu, diperlukan analisis mendalam untuk mengetahui akar penyebab terjadinya variasi mutu serta upaya sistematis dalam pengendaliannya. Dalam konteks ini, pengendalian kualitas dipahami sebagai proses memastikan produk atau layanan memenuhi standar yang telah ditetapkan melalui pemantauan, pemeriksaan, dan perbaikan secara berkelanjutan [2].

Untuk menjawab permasalahan tersebut, diperlukan suatu pendekatan yang mampu menganalisis dan meningkatkan kualitas secara berkelanjutan. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah metode Six Sigma, yang terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja proses industri melalui pengurangan variasi dan cacat produk. Six Sigma adalah suatu metode manajemen kualitas yang berfokus pada pengendalian variasi proses dan meminimalkan jumlah cacat hingga tingkat yang sangat rendah [3]. Pendekatan berbasis data yang menggunakan alat statistik untuk mengidentifikasi akar masalah dan meningkatkan stabilitas proses produksi [4]. Strategi peningkatan kinerja yang bertujuan mencapai standar kualitas 3,4 cacat per sejuta kesempatan melalui pengendalian yang sistematis [5]. Kerangka kerja perbaikan proses yang mengutamakan efisiensi operasional, konsistensi mutu, dan pengurangan pemborosan di setiap tahapan produksi [6]. Metodologi yang menerapkan siklus DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) sebagai langkah terstruktur dalam menyelesaikan masalah kualitas dan meningkatkan kapabilitas proses [7].

Beberapa penelitian yang menggunakan metode Six Sigma dapat dijelaskan sebagai berikut, menurut penelitian yang mengangkat judul "Upaya Perbaikan Kualitas Produk Batik Di Batik Allusian Menggunakan Metode Six Sigma Dan New Seven Tools". Proses Produksi agar proses berjalan sesuai dengan standar tertentu dan memberikan tempat lebih nyaman [8]. Penelitian "Pengendalian Kualitas Produk Sachet Minuman Serbuk Menggunakan Metode Six Sigma Dmaic". Berdasarkan hasil penerapan metode DMAIC Six Sigma, ada potensi keuntungan yang dapat diperoleh Perusahaan [9]. Penelitian "Analisis Pengendalian Kualitas Produk X Dengan Metode Six Sigma (DMAIC) Pada PT. XYZ". Pengendalian kualitas adalah suatu kegiatan yang sangat erat kaitannya dengan proses produksi [10].

Hasil dari penerapan metode Six Sigma ini membuktikan bahwa pendekatan Six Sigma mampu memberikan dampak positif terhadap peningkatan kualitas produk secara keseluruhan serta efisiensi proses. Secara umum, penerapan Six Sigma tidak hanya berdampak pada kualitas teknis, tetapi juga

pada peningkatan budaya kerja yang lebih fokus pada kualitas dan perbaikan berkelanjutan di lingkungan perusahaan.

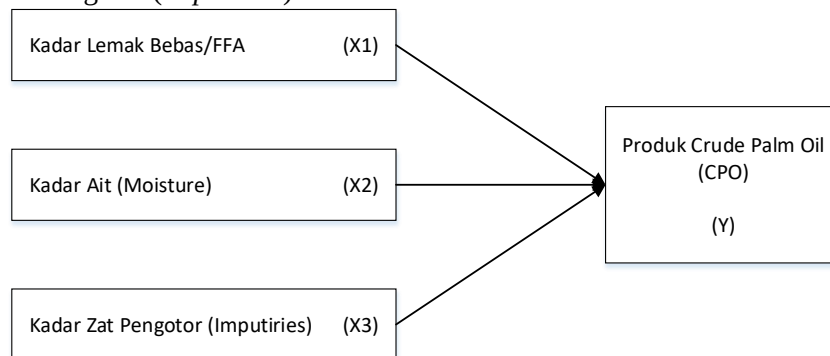
2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menghitung data untuk mencapai tujuan peningkatan kualitas dan efisiensi proses pada PT. Pacific Indopalm Industries yang berfokus pada pengurangan variasi dan cacat, dengan menganalisis dan dapat diterapkan yang dilakukan dalam proses pengendalian bahan baku pengolahan minyak CPO (Crude Palm Oil). Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Six Sigma, khususnya pendekatan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), dalam menganalisis mutu produk Crude Palm Oil (CPO) dan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya ketidaksesuaian mutu pada proses produksi di PT. Pacific Indopalm Industries. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini melibatkan pengumpulan dan analisis data numerik terkait kadar asam lemak bebas (FFA), kadar air, dan kadar zat pengotor, yang diukur melalui hasil uji laboratorium. Sementara itu, pendekatan deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran umum mengenai kondisi mutu CPO saat ini, dan pendekatan analitis dilakukan untuk mengevaluasi data secara mendalam guna merancang langkah-langkah perbaikan proses produksi yang berbasis data. Penelitian ini tidak hanya bertujuan memberikan pemahaman teoritis, tetapi juga solusi praktis yang dapat diimplementasikan perusahaan dalam upaya peningkatan mutu produk secara berkelanjutan.

A. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual dalam penelitian ini berfungsi sebagai acuan berpikir untuk memahami alur hubungan antara permasalahan, variabel-variabel mutu, dan penerapan metode Six Sigma dalam upaya peningkatan kualitas produk *Crude Palm Oil* (CPO). Kerangka konseptual adalah gambaran atau model yang menjelaskan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti, sehingga menjadi acuan dalam merumuskan arah penelitian secara sistematis [11]. Terdapat tiga variabel utama mutu CPO yang menjadi objek analisis, yaitu:

1. Kadar Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acid/FFA*)
2. Kadar Air (*Moisture Content*)
3. Kadar Zat Pengotor (*Impurities*)



Gambar 1 Kerangka Berfikir Penelitian

Ketiga variabel tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor dalam proses produksi, seperti suhu proses, durasi pemanasan, kebersihan tangki, dan efisiensi alat penyaringan. Ketidaksesuaian terhadap standar mutu nasional atau internasional akan menyebabkan produk tidak layak edar atau memerlukan rework, sehingga berdampak pada efisiensi produksi dan nilai jual. Untuk itu, pendekatan Six Sigma dengan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) digunakan sebagai alat

manajemen kualitas yang terstruktur. Setiap tahapan dalam DMAIC berperan penting dalam pengendalian mutu:

1. *Define*:
Mengidentifikasi permasalahan mutu dan menentukan ruang lingkup serta tujuan perbaikan.
2. *Measure*:
Mengumpulkan data hasil produksi dan mengukur tingkat cacat terhadap standar mutu.
3. *Analyze*:
Menganalisis data dan mencari akar penyebab utama dari penyimpangan mutu.
4. *Improve*:
Merancang solusi perbaikan proses produksi untuk mengurangi cacat.
5. *Control*:
Menerapkan sistem pengendalian mutu yang berkelanjutan agar hasil perbaikan dapat dipertahankan.

B. Definisi Operasional

Pengertian operasional adalah perumusan suatu konsep atau variabel ke dalam bentuk yang lebih konkret, terukur, dan dapat diamati secara langsung. Melalui definisi operasional, suatu istilah yang bersifat abstrak diterjemahkan menjadi indikator-indikator yang jelas sehingga dapat diuji, dianalisis, atau digunakan dalam suatu penelitian maupun proses evaluasi. Dengan adanya kejelasan ini, pengukuran menjadi lebih objektif dan hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah [12].

Tabel 1 Variabel Parameter CPO

Variabel	Parameter	Keterangan
(X1)	Kadar Asam Lemak Bebas (ALB)	ALB merupakan asam lemak bebas yang tidak terikat pada gliserol dalam minyak. Kualitas CPO yang baik memiliki kadar ALB yang rendah satuan nya persen (%) dan standar kualitas CPO Mengharuskan ALB <5%
(X2)	Kadar Air (Moisture)	Kadar air yang tinggi dapat menurunkan kualitas CPO kerusakan (hidrolisis) satuan nya persen (%) standar umum yang digunakan biasanya <0,5%
(X3)	Kadar Zat Pengotor (Impiuritis)	Kandungan zat padat yang tidak larut dalam minyak, seperti serat sawit, pasir, tanah. Satuannya ialah persen (%) standar umum yang digunakan <0,1%
(Y1)	Produk Crude Plam Oil (CPO)	Kualitas CPO ialah yang ditentukan dengan beberapa factor sehingga semakin rendah kadar ALB, air, kotoran maka semakin baik juga kualitas CPO tersebut dan sangat penting untuk bahan baku industri pangan dan non pangan.

C. Metode Analisis Data

Metode pengolahan analisis data dalam penelitian ini menggunakan Metode Six Sigma melalui lima tahapan sistematis yang dikenal dengan pendekatan model DMAIC, yaitu Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control [13].

1. *Define*

Define adalah tahap awal dalam mengidentifikasi presentase kesalahan yang menjadi penyebab utama kerusakan atau kegagalan dalam produksi. Mengidentifikasi masalah standar kualitas dalam pembuatan produk yang ditetapkan oleh perusahaan atau CTQ (*Critical to Quality*).

2. Measure

Pada tahap kedua yaitu *measure* dimana pada tahap ini akan dilakukan pengolahan data produk yang mengalami kecacatan dan pendataan jumlah dari masing-masing cacat, serta akan dilakukan perhitungan jumlah dan persentase cacat dari yang tertinggi dan paling terendah dari setiap jenis cacat tersebut dengan menghitung standar deviasi, *control chart* (*P-Chart*) serta penerapan perhitungan DPMO dan nilai sigma.

- a. *Control chart* adalah alat *quality control* yang berbentuk grafik dan garis yang dipergunakan untuk memantau kestabilan suatu proses dari waktu ke waktu. Dalam pembuatan *control chart* dibutuhkan beberapa tahapan rumusan.

Menghitung proporsi kerusakan:

$$P = \frac{np}{p}$$

Keterangan:

P : Proporsi

np : Jumlah produk

Menghitung garis tengah atau *Central Line* (CL):

$$CL = \frac{\sum np}{\sum n}$$

Keterangan:

CL : *Central Line*

$\sum np$: Total jumlah cacat

$\sum n$: Total jumlah produksi

Menghitung batas kendali UCL dan LCL:

$$UCL = P + 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$LCL = P - 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Keterangan:

UCL : (*Upper Spesification Limit*)

LCL : (*Lower Spesification Limit*)

P : rata-rata proporsi kecacatan

- b. Perhitungan DPMO dan nilai sigma.

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

Dan mengkonversikan hasil perhitungan DPMO untuk mendapatkan nilai sigma dengan rumus:

$$= \text{NORMSINV}((1.000.000 - DPMO) / 1.000.000) + 1.5$$

- c. Perhitungan *Capability Process*

Pengukuran kapabilitas proses dilakukan untuk mengetahui kondisi perusahaan, apakah memiliki kapabilitas atau tidak serta untuk mengetahui besarnya indeks kapabilitas dari perusahaan. Prosedurnya menggunakan persamaan C_p dan C_{pk} , yang dilakukan pengukuran berdasarkan banyaknya jumlah produksi yang cacat.

3. Analyze

Pada tahap ini, akan dilakukan analisis akar permasalahan yang menyebabkan performa sigma dalam prosesnya menjadi menurun yaitu dengan cara menentukan faktor-faktor yang digunakan sebagai *fase* pengidentifikasian masalah yaitu dengan *fishbone diagram*. Dalam tahapan ini dengan mengetahui jumlah jenis atau rusak dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%Kerusakan = \frac{\text{Jumlah Kerusakan Jenis}}{\text{Jumlah Kerusakan Keseluruhan}} \times 100\%$$

4. Improve

Tahap ini dimana kita akan melakukan pembuatan suatu rencana untuk meningkatkan kualitasnya, dan rencana ini mendeskripsikan tentang alokasi sumber daya dan prioritas atau alternatif yang dilakukan. Dimana dalam sebuah tim mereka harus menentukan target yang akan dicapai berapa, dimana rencana tersebut dilakukan, mengapa tindakan itu harus dilakukan, bagaimana rencana itu berjalan, siapa penanggung jawab yang akan mengkoordinir tindakan itu.

2. Control

Control merupakan tahapan terakhir yang bertujuan untuk melakukan kontrol dalam setiap kegiatan, sehingga memperoleh hasil kualitas produk lebih baik kedepannya. Serta nantinya akan dijadikan pedoman untuk kedepannya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengendalian mutu pada produk *Crude Palm Oil* (CPO) di PT. Pacific Indopalm Industries dengan menggunakan pendekatan Six Sigma melalui tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Penerapan metode ini menjadi sangat relevan mengingat pentingnya menjaga kualitas produk CPO agar tetap sesuai standar nasional maupun internasional, terutama dalam menghadapi tantangan berupa inkonsistensi mutu yang terjadi selama proses produksi. Secara keseluruhan, penerapan metode *Six Sigma* dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis data dan analisis sistematis mampu memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas dan efisiensi produksi. Selain itu, metode ini juga mendukung budaya kerja yang lebih fokus pada kualitas, pemecahan masalah, dan perbaikan berkelanjutan di lingkungan industri.

A. Analisis Data

Hasil analisis data dapat disajikan dalam bentuk visualisasi tabel agar lebih mudah dipahami. Dengan analisis yang tepat, data yang awalnya mentah dan tidak terstruktur dapat menjadi sumber pengetahuan yang berharga bagi peneliti, bisnis, atau organisasi.

1. Data Sampel

Adapun data sampel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 2 Data Sampel

TANK NO.	TANK CAPACITY (MT)	PRODUCT	JUMLAH SAMPEL	QUANTITY (L)	ALB (%)	KADAR AIR (%)	KADAR KOTORAN (%)	JUMLAH MUTU (%)
101	8,500	CPO	47	490,543	4.210	0.392	0.016	4.618
102	8,500	CPO	48	4,006,555	5.050	0.398	0.014	5.462
103	8,500	CPO	54	4,967,583	4.030	0.391	0.017	4.438
104	8,500	CPO	53	7,606,337	4.130	0.389	0.016	4.535
Total			202		17.420	1.570	0.063	19.053
101	8,500	CPO	45	488,603	4.210	0.392	0.027	4.629
102	8,500	CPO	46	5,413,406	4.910	0.390	0.020	5.320
103	8,500	CPO	45	2,228,173	4.130	0.387	0.021	4.538
104	8,500	CPO	42	8,206,021	4.200	0.390	0.011	4.601
Total			178		17.450	1.559	0.079	19.088
101	8,500	CPO	45	188,783	4.430	0.418	0.022	4.870
102	8,500	CPO	45	7,664,908	4.270	0.387	0.019	4.676
103	8,500	CPO	46	8,109,583	4.400	0.406	0.018	4.824
104	8,500	CPO	46	8,109,583	4.400	0.406	0.022	4.828
Total			182		17.500	1.617	0.081	19.198
101	8,500	CPO	41	6,777,148	4.820	0.398	0.028	5.246
102	8,500	CPO	50	8,014,313	4.380	0.400	0.020	4.800
103	8,500	CPO	50	6,150,677	4.040	0.398	0.029	4.467

104	8,500	CPO	50	8,177,204	4.300	0.391	0.023	4.714
Total			191		17.540	1.587	0.101	19.228
...	...	...	...	...	...	...	...	...
101	8,500	CPO	51	4,542,647	4.190	0.390	0.026	4.606
102	8,500	CPO	50	4,007,401	5.030	0.409	0.028	5.467
103	8,500	CPO	48	7,973,185	4.000	0.391	0.024	4.415
104	8,500	CPO	48	3,901,585	4.240	0.395	0.029	4.664
Total			197		17.460	1.585	0.107	19.152

B. Analisis Metode Six Sigma

1. Define (Pendefinisian)

Define merupakan tahap awal dalam metodologi Six Sigma yang berfokus pada pendefinisian permasalahan kualitas yang akan diselesaikan. Pada tahap ini, dilakukan proses identifikasi terhadap isu-isu yang mempengaruhi mutu produk *Crude Palm Oil* (CPO), yaitu meningkatkan kualitas CPO agar sesuai dengan standar mutu yang berlaku.

- a. Mendefinisikan Masalah Batas Standar Kualitas atau Penyebab Paling Potensial dalam Menghasilkan CPO. Dalam proses produksi *Crude Palm Oil* (CPO) di PT. Pacific Indopalm Industries. Berdasarkan hasil observasi dan analisis awal, terdapat tiga variabel kritis yang menjadi penyebab paling potensial terjadinya penyimpangan terhadap standar mutu, yaitu:

- 1) Asam Lemak Bebas (ALB)

Tingginya kadar Asam Lemak Bebas (ALB) merupakan salah satu indikator utama penurunan kualitas CPO, karena dapat mempercepat proses oksidasi yang berujung pada kerusakan minyak. Kadar ALB yang tinggi umumnya disebabkan oleh reaksi hidrolisis, yang dipicu oleh kehadiran air, enzim, panas, dan asam selama proses produksi.

- 2) Kadar Air

Kadar air yang berlebihan dalam CPO juga menjadi parameter penting dalam penentuan kualitas. Kelebihan air dapat terjadi akibat kurang optimalnya proses pengeringan atau pemisahan minyak dan air dalam tahapan pengolahan.

- 3) Kadar Zat Kotoran

Kadar kotoran merujuk pada keberadaan partikel asing seperti serabut, tanah, atau material lainnya yang tidak larut dalam pelarut n-heksana. Kandungan kotoran yang tinggi dalam CPO menunjukkan tidak optimalnya proses penyaringan dan pemisahan, serta kurangnya pengawasan terhadap tahap-tahap awal pengolahan tandan buah segar (TBS).

- b. Mendefinisikan Rencana Tindakan yang Harus Dilakukan Berdasarkan Hasil Observasi dan Analisis Penelitian. Rencana tindakan yang dapat di implementasikan antara lain:

- 1) Melakukan perbaikan dan perawatan rutin terhadap mesin produksi

Perawatan mesin yang terjadwal secara berkala dapat mengurangi potensi kerusakan yang dapat mempengaruhi kualitas hasil olahan.

- 2) Peningkatan kualitas kerja tenaga operasional melalui pelatihan teknis dan penyuluhan mengenai pentingnya mutu produk, diharapkan tenaga kerja lebih teliti dan bertanggung jawab dalam setiap tahapan proses produksi.

- 3) Pengaturan waktu panen buah kelapa sawit yang lebih tepat

Pengambilan TBS pada waktu yang ideal sangat penting dalam menjaga kestabilan kandungan ALB dalam CPO.

- 4) Peningkatan pengawasan terhadap kualitas bahan baku dan proses produksi. Penerapan pengawasan berbasis check sheet atau checklist mutu pada setiap titik kritis (*critical control points*) dalam proses produksi akan meminimalkan risiko terjadinya penyimpangan kualitas.

2. Measure

Tahap *Measure* merupakan fase penting dalam pendekatan Six Sigma yang bertujuan untuk mengumpulkan data aktual, mengukur tingkat kualitas, dan mengidentifikasi besaran penyimpangan

mutu pada produk CPO. Pada tahap ini, dilakukan proses pengumpulan dan pengolahan data yang relevan terhadap parameter mutu utama, yaitu kadar Asam Lemak Bebas (FFA), kadar Air, dan kadar Zat Pengotor (Impurities), yang telah ditentukan sebagai *Critical To Quality* (CTQ). Pengumpulan data dilakukan berdasarkan hasil pengujian mutu dari produk CPO yang dihasilkan oleh PT. Pacific Indopalm Industries dalam periode waktu tertentu, dengan frekuensi pengambilan sampel secara teratur. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana performa proses produksi saat ini dalam menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi.

- a. Analisis Diagram Kontrol (*p-Chart*). Pengukuran dilakukan dengan *Statistical Quality Control* jenis *p-Chart*.

TANK : 101

- 1) Menghitung Mean (CL) ataupun rata-rata produk akhir yaitu :

$$CL = \frac{19.053}{202} = 0,094$$

- 2) Menghitung persentase kerusakan

$$P = \frac{4.618}{47} = 0,098$$

- 3) Menghitung Upper Control Limit (UCL)

$$UCL = 0,098 + 3 \frac{\sqrt{0,098(1-0,098)}}{47} = 0,228$$

- 4) Menghitung Lower Control Limit (LCL)

$$LCL = 0,098 - 3 \frac{\sqrt{0,098(1-0,098)}}{47} = 0,032$$

TANK : 104

- 1) Menghitung Mean (CL) ataupun rata-rata produk akhir yaitu :

$$CL = \frac{19.053}{202} = 0.094$$

- 2) Menghitung persentase kerusakan

$$P = \frac{4.535}{53} = 0.086$$

- 3) Menghitung Upper Control Limit (UCL)

$$UCL = 0.086 + 3 \frac{\sqrt{0.086(1-0.086)}}{53} = 0.201$$

- 4) Menghitung Lower Control Limit (LCL)

$$LCL = 0.086 - 3 \frac{\sqrt{0.086(1-0.086)}}{53} = -0.030$$

Sehingga untuk hasil keseluruhan ya dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 3 Nilai Batas Kendali

TANGGAL	TANK NO.	CL (Central Line)	P (Proporsi)	UCL (Upper Spesification Limit)	LCL (Lower Spesification Limit)
1-31/7/2024	101	0.094	0.098	0.228	-0.032
	102	0.094	0.114	0.251	-0.024
	103	0.094	0.082	0.194	-0.030
	104	0.094	0.086	0.201	-0.030
...	...	...	...	...	...
1-30/6/2025	101	0.097	0.090	0.211	-0.030
	102	0.097	0.109	0.242	-0.023
	103	0.097	0.092	0.217	-0.033
	104	0.097	0.097	0.225	-0.031

- b. Tahap pengukuran *Six Sigma* dan juga *Defect Per Million Opportunities* (DPMO). Untuk dapat mengukur tingkat *Six Sigma* dari hasil produksi CPO dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1) Menghitung DPU (*Defect Per Unit*)

$$DPU_{101} = \frac{4.618}{47} = 0.098$$

$$DPU_{102} = \frac{5.462}{48} = 0.114$$

$$DPU_{103} = \frac{4.438}{54} = 0.082$$

$$DPU_{104} = \frac{4.535}{53} = 0.086$$

2) Menghitung DPMO (*Defect Per Million Opportunities*)

$$DPMO_{101} = \frac{4.618}{47} \times 1.000.000 = 98246.221$$

$$DPMO_{102} = \frac{5.462}{48} \times 1.000.000 = 113789.028$$

$$DPMO_{103} = \frac{4.438}{54} \times 1.000.000 = 82188.835$$

$$DPMO_{104} = \frac{4.535}{53} \times 1.000.000 = 85572.033$$

3) Menghitung Tingkat Sigma

$$SIGMA_{101} = \text{normsinv} \frac{\frac{1.000.000 - 98246.221}{1.000.000}}{1.000.000} + 1.5 = 2.792$$

$$SIGMA_{102} = \text{normsinv} \frac{\frac{1.000.000 - 113789.028}{1.000.000}}{1.000.000} + 1.5 = 2.707$$

$$SIGMA_{103} = \text{normsinv} \frac{\frac{1.000.000 - 82188.835}{1.000.000}}{1.000.000} + 1.5 = 2.890$$

$$SIGMA_{104} = \text{normsinv} \frac{\frac{1.000.000 - 85572.033}{1.000.000}}{1.000.000} + 1.5 = 2.869$$

Sehingga untuk hasil keseluruhan nya dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 4 Nilai Tingkat Sigma

TANGGAL	TANK NO.	SAMPEL	MUTU	DPU	DPMO	SIGMA
1-31/7/2024	101	47	4.618	0.098	98246.221	2.792
	102	48	5.462	0.114	113789.028	2.707
	103	54	4.438	0.082	82188.835	2.890
	104	53	4.535	0.086	85572.033	2.869
...	...	...	...	...	...	...
1-30/6/2025	101	51	4.606	0.090	90309.633	2.839
	102	50	5.467	0.109	109345.351	2.730
	103	48	4.415	0.092	91970.733	2.829
	104	48	4.664	0.097	97164.263	2.798
Total		2256	228.847	4.903	4902656.120	133.049
Rata-rata				0.102	102.138.669	2.772

DPMO hitung = 102,138.669

H0 = nilai DPMO hitung lebih kecil daripada DPMO tabel

H1 = nilai DPMO hitung lebih besar daripada DPMO tabel

Sigma = Sigma-2

DPMOtabel = 308,537.54

Karena DPMOhitung < DPMOtabel, maka dinyatakan H0, artinya nilai data diterima.

3. Analyze

Dalam Tahap ini untuk meningkatkan kualitas dengan mengidentifikasi penyebab kerusakan yaitu dengan diagram *pareto* dan diagram sebab akibat:

a. Tingkat Kerusakan

Dalam tahapan ini dengan mengetahui jumlah jenis atau rusak dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut;

1) Asam Lemak Bebas

$$ALB_{101} = \frac{4.210}{4.618} \times 100\% = 0,9117\%$$

$$ALB_{102} = \frac{5.050}{5.462} \times 100\% = 0,9246\%$$

$$ALB_{103} = \frac{4.030}{4.438} \times 100\% = 0,9080\%$$

$$ALB_{104} = \frac{4.130}{4.535} \times 100\% = 0,9106\%$$

2) Kadar Air

$$Kadar\ Air_{101} = \frac{0.392}{4.618} \times 100\% = 0,0849\%$$

$$Kadar\ Air_{102} = \frac{0.398}{5.462} \times 100\% = 0,0729\%$$

$$Kadar\ Air_{103} = \frac{0.391}{4.438} \times 100\% = 0,0881\%$$

$$Kadar\ Air_{104} = \frac{0.389}{4.535} \times 100\% = 0,0858\%$$

3) Kadar Kotoran

$$Kadar\ Kotoran_{101} = \frac{0.016}{4.618} \times 100\% = 0.0034\%$$

$$Kadar\ Kotoran_{102} = \frac{0.014}{5.462} \times 100\% = 0.0025\%$$

$$Kadar\ Kotoran_{103} = \frac{0.017}{4.438} \times 100\% = 0.0039\%$$

$$Kadar\ Kotoran_{104} = \frac{0.016}{4.535} \times 100\% = 0.0036\%$$

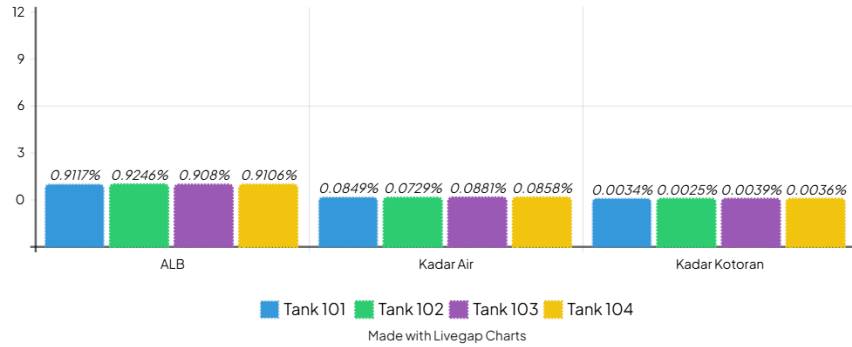
Sehingga untuk hasil keseluruhan ya dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 5 Nilai Tingkat Kerusakan

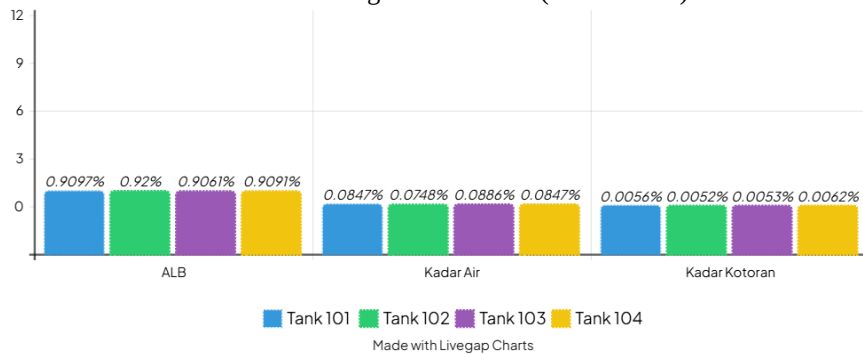
TANGGAL	TANK NO.	ALB (%)	KADAR AIR (%)	KADAR KOTORAN (%)
1-31/7/2024	101	0.9117%	0.0849%	0.0034%
	102	0.9246%	0.0729%	0.0025%
	103	0.9080%	0.0881%	0.0039%
	104	0.9106%	0.0858%	0.0036%
...	...	...	...	...
1-30/6/2025	101	0.9097%	0.0847%	0.0056%
	102	0.9200%	0.0748%	0.0052%
	103	0.9061%	0.0886%	0.0053%
	104	0.9091%	0.0847%	0.0062%

b. Sebab Akibat

Diagram Pareto adalah alat analisis kualitas yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan jenis masalah berdasarkan tingkat frekuensi atau dampaknya [14]. Hasil perhitungan dapat digambarkan kedalam diagram parateo yang ditnjukan pada gambar berikut:



Gambar 2 Tingkat Kerusakan (1-31/7/2024)



Gambar 3 Tingkat Kerusakan (1-30/6/2025)

Berdasarkan hasil pengamatan mutu CPO bulanan pada periode Juli 2024 – Juni 2025 yang mencakup parameter Asam Lemak Bebas (ALB), Kadar Air, dan Kadar Kotoran, dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Asam Lemak Bebas (ALB) pada seluruh tangki cenderung stabil dengan kisaran 0,9037% – 0,9246%, yang secara umum masih berada pada rentang mutu yang dapat diterima, meskipun beberapa titik menunjukkan nilai mendekati batas atas standar mutu ($\geq 0,92\%$). Hal ini menandakan bahwa pengendalian ALB perlu tetap menjadi perhatian agar tidak menembus ambang toleransi kualitas.
- 2) Kadar Air rata-rata berada pada kisaran 0,0729% – 0,0912%, di mana sebagian besar hasil masih berada dalam batas normal, namun terdapat fluktuasi pada bulan tertentu (Februari dan Maret 2025 dengan kadar $> 0,088\%$). Fluktuasi ini dapat berpotensi mempercepat proses oksidasi sehingga menurunkan daya simpan CPO jika tidak dilakukan pengendalian lebih lanjut.
- 3) Kadar Zat Kotoran sebagian besar konsisten di bawah 0,006%, dengan kisaran 0,0021% – 0,0064%. Meskipun nilai rata-rata relatif rendah, masih terdapat penyimpangan pada bulan Oktober 2024 (0,0064%) dan Juni 2025 (0,0062%) yang menunjukkan adanya ketidakkonsistenan dalam proses pemurnian.

Untuk menghitung nilai factor penyebab dapat dijelaskan sebagai berikut.

$$Frekuensi_{Alb} = \frac{3}{8} \times 100\% = 37,50\%$$

$$Frekuensi_{Kadar\ Air} = \frac{3}{8} \times 100\% = 37,50\%$$

$$Frekuensi_{Kadar\ kotoran} = \frac{2}{8} \times 100\% = 25,00\%$$

$$Kumulatif_{Alb} = 37,50 + 0 = 37,50\%$$

$$Kumulatif_{Kadar\ Air} = 37,50 + 37,50 = 75,00\%$$

$$Kumulatif_{Kadar\ kotoran} = 75,00 + 25,00 = 100\%$$

Sehingga untuk hasil keseluruhan ya dapat dijelaskan pada tabel berikut.

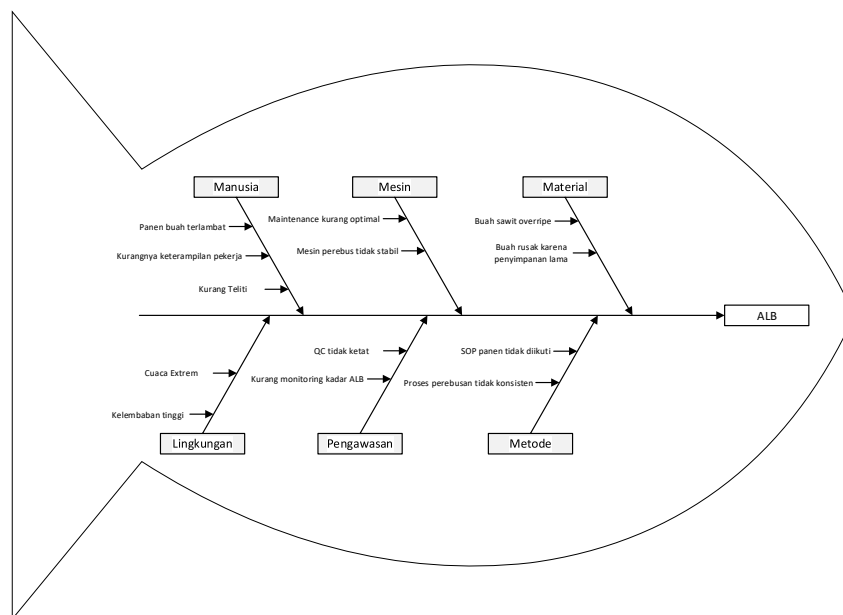
Tabel 6 Nilai Faktor Penyebab

Faktor Penyebab	Frekuensi Terjadi	Persentase	Kumulatif (%)
Asam Lemak Bebas (ALB) Tinggi	3 kali	37,50%	37,50%
Kadar Air Tinggi	3 kali	37,50%	75,00%
Kadar Kotoran Tinggi	2 kali	25,00%	100,0%
Total	8 Kali	100%	

Fishbone Diagram (atau *Ishikawa Diagram*) adalah alat analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengelompokkan, dan menggambarkan berbagai kemungkinan penyebab dari suatu masalah atau kejadian tertentu [15]. Oleh karena itu, penerapan analisis Pareto dan diagram sebab-akibat (*fishbone*) diperlukan untuk mengidentifikasi faktor dominan penyebab ketidakkonsistenan mutu CPO dan merumuskan langkah perbaikan yang lebih terarah.

1) *Fishbone* ALB

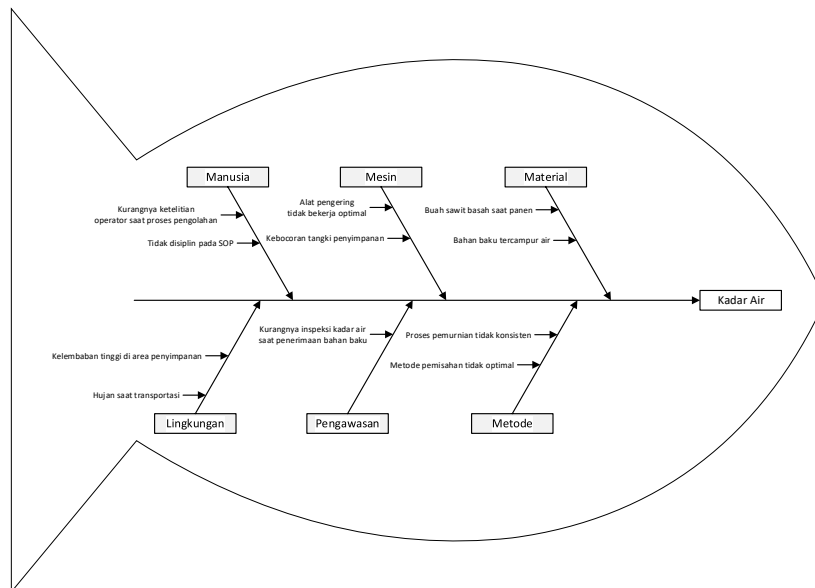
Adapun penjelasan diagram sebab akibat (*fishbone*) dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4 Diagram Sebab Akibat ALB

2) *Fishbone* Kadar Air

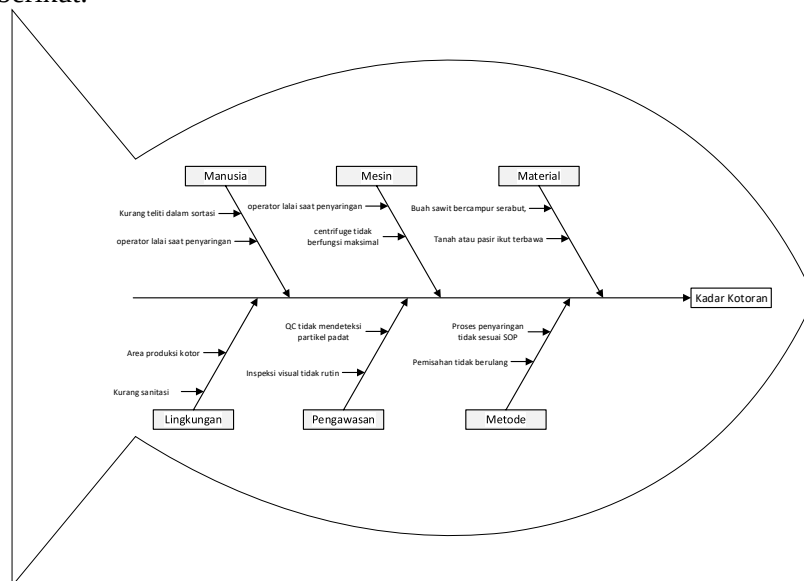
Adapun penjelasan diagram sebab akibat (*fishbone*) dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 5 Diagram Sebab Akibat Kadar Air

3) Fishbone Kadar Kotoran

Adapun penjelasan diagram sebab akibat (*fishbone*) dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 6 Diagram Sebab Akibat Kadar Kotoran

4. Improve

Dari hasil analisis Pareto dan fishbone, diketahui bahwa faktor utama penyebab ketidakstabilan mutu CPO adalah tingginya kadar Asam Lemak Bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran. Oleh karena itu, beberapa perbaikan yang relevan dapat dilakukan sebagai berikut:

a. Perbaikan Proses Panen dan Penanganan TBS

Panen harus dilakukan tepat waktu untuk mencegah buah overripe yang dapat meningkatkan kadar ALB. Pengangkutan TBS juga perlu dipercepat agar tidak terlalu lama menumpuk di lapangan.

b. Optimalisasi Kinerja Mesin dan Perawatan Berkala

- Mesin sterilizer, digester, screw press, hingga clarifier perlu dipastikan bekerja optimal dengan melakukan *preventive maintenance* terjadwa.
- c. Peningkatan Sistem Quality Control (QC)
Tim QC harus melakukan inspeksi berlapis, tidak hanya di akhir produksi, tetapi juga pada setiap tahap kritis, seperti perebusan, pressing, dan pemurnian.
 - d. Revisi dan Penyesuaian SOP
Beberapa prosedur perlu diperbaharui agar sesuai dengan kondisi aktual di lapangan, misalnya pengaturan waktu perebusan, pengendalian suhu, serta metode pemurnian.
 - e. Implementasi Monitoring Berbasis Teknologi
Pemasangan sensor suhu, kelembaban, dan kadar air secara real-time pada titik-titik kritis produksi dapat membantu deteksi dini.
5. Control
- Dengan demikian, kualitas CPO tetap stabil dan tidak kembali mengalami deviasi. Adapun langkah-langkah kontrol yang sesuai adalah:
- a. Checklist Kontrol Mutu Harian
Setiap lini produksi harus memiliki daftar pengecekan harian yang meliputi parameter FFA (ALB), kadar air, dan kadar kotoran.
 - b. Monitoring dengan SPC (Statistical Process Control)
Penggunaan *control chart* pada parameter mutu penting membantu mendeteksi variasi yang tidak normal lebih awal.
 - c. Audit Mutu Berkala
Dilakukan audit bulanan terhadap kualitas CPO dan penerapan SOP di lapangan. Audit ini juga menjadi sarana evaluasi kinerja tim QC dan operator produksi dalam menjaga mutu.
 - d. *Reward and Punishment System*
Untuk menumbuhkan kedisiplinan, perusahaan dapat memberikan penghargaan bagi pekerja atau tim yang berhasil menjaga mutu CPO, sekaligus menerapkan sanksi untuk pelanggaran SOP yang berulang.
 - e. Pelatihan dan Sertifikasi SDM
Program pelatihan berkelanjutan tentang pengendalian mutu perlu diberikan kepada pekerja lapangan, teknisi, dan QC.
 - f. Integrasi Sistem Informasi Produksi
Penggunaan software berbasis data real-time yang terintegrasi antara produksi dan QC akan mempermudah pelaporan serta membantu manajemen dalam pengambilan keputusan terkait mutu produk.
 - g. Melalui penerapan *Control* ini, perusahaan dapat menjaga hasil perbaikan yang sudah dilakukan, menekan kemungkinan timbulnya kembali masalah mutu, dan memastikan CPO yang dihasilkan stabil serta kompetitif di pasar.

4. KESIMPULAN

1. Kualitas CPO di PT. Pacific Indopalm Industries belum sepenuhnya stabil. Hasil perhitungan pada data selama 12 bulan menunjukkan rata-rata Sigma sebesar 2,772 dengan tingkat kerusakan sebesar 102,138.669 DPMO (Defect Per Million Opportunities), nilai ini masih berada pada level 2 Sigma, yang berarti proses produksi belum optimal dan masih terdapat peluang cacat yang cukup besar, hal ini terlihat dari adanya ketidaksesuaian mutu pada parameter Asam Lemak Bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran.
2. Penyebab utama ketidaksesuaian mutu CPO berasal dari faktor manusia, mesin, material, metode, lingkungan, dan pengawasan, faktor-faktor tersebut berkontribusi secara simultan terhadap ketidakstabilan mutu, dengan masalah dominan terletak pada panen yang tidak tepat waktu, kurangnya perawatan mesin, dan lemahnya pengawasan mutu.

3. Penerapan metode Six Sigma melalui tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) terbukti efektif dalam menganalisis kondisi mutu dan merumuskan strategi perbaikan, rekomendasi yang dihasilkan mencakup peningkatan pengawasan mutu, penyesuaian dan konsistensi penerapan SOP, perawatan rutin mesin, serta pelatihan SDM, yang secara keseluruhan berdampak positif terhadap peningkatan kualitas produk dan efisiensi proses produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai penutup, penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Potensi Utama yang telah memberikan kesempatan dan dukungan dalam penyelesaian Karya Tulis Ilmiah (KTI) ini.

REFERENSI

- [1] Setiawannie, Y. (2023). Analisis Penentuan Kapasitas Produksi Crude Palm Oil (Cpo) Dengan Metode Goal Programming Di PT. X. *Jurnal Teknologi dan Teknik Industri (JTII)*, 1(1), 53-65.
- [2] Ane, M. R. (2023). Analisa Penentuan Kelayakan Minyak PKO (Palm Kernel Oil) Dengan Metode QCC (Quality Control Circle) di PT. SAN. *Jurnal Teknologi dan Teknik Industri (JTII)*, 1(1), 14-26.
- [3] Rusli, A. M., & Marikena, N. (2023). Pengendalian Kualitas Produk Pada UMKM Duta Logam Perkasa Menggunakan Metode Six Sigma. *Jurnal Teknologi dan Teknik Industri (JTII)*, 1(1), 105-117.
- [4] Dermawan, D., Lestari, S., & Yul, F. A. (2021). Penerapan Six Sigma Dalam Meminimasi Cacat Produk Souvenir Pada Home Industri Mata Kayu Art. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 4(2), 1-7.
- [5] Juwito, A., & Al-Faritsy, A. Z. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas untuk Mengurangi Cacat Produk dengan Metode Six Sigma di UMKM Makmur Santosa. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(12), 3295-3314.
- [6] Al Faritsy, A. Z., & Wahyunoto, A. S. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Meja Menggunakan Metode Six Sigma Pada PT XYZ. *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 4(2), 52-62.
- [7] Maburur, M. R., & Budiharjo, B. (2021). Analisa pengendalian kualitas produk keramik lantai dengan menggunakan metode six sigma di PT. Primarindo argatile. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 1(2), 187-198.
- [8] Rozi, F., & Nugroho, A. J. (2022). Upaya perbaikan kualitas produk batik di batik allussan menggunakan metode Six Sigma dan new seven tools. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(11), 2971-2982.
- [9] Oktaviani, R., Rachman, H., Zulfikar, M. R., & Fauzi, M. (2022). Pengendalian Kualitas Produk Sachet Minuman Serbuk Menggunakan Metode Six Sigma Dmaic. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 2(1), 122-130.
- [10] Hidajat, H. H., & Subagyo, A. M. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Produk X Dengan Metode Six Sigma (DMAIC) Pada PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(9), 234-242.
- [11] Galushasti, A., Kurniawan, B. P. Y., & Mahanani, R. S. (2023). Pengaruh Keterikatan Kecerdasan Kompetitif dalam Organisasi: Pengembangan Kerangka Konseptual. *Journal of Business Management*, 1(1), 14-24.
- [12] Tambunan, A. A., & Setiawannie, Y. (2024). Perencanaan Distribusi Produk Dengan Metode Distribution Requirement Planning (DRP) Di PT. Cemindo Gemilang, Tbk. *Jurnal Teknologi dan Teknik Industri (JTII)*, 2(1), 45-60.
- [13] Putri, A. A., Marzuki, M., & Nurlaili, N. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Pengantongan Semen Pada PT. Solusi Bangun Andalas Menggunakan Metode Six Sigma Dengan Pendekatan DMAIC. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 7(2), 92-97.

- [14] Putra, W. A. S., Saputra, E. M., & Miftakhurrohman, M. (2024). Analisa Kecacatan pada Produk Hasil Pengelasan dengan Metode FMEA dan Diagram Pareto Studi Kasus di Perusahaan PT. Aneka Jasa Teknik Gresik. *Jurnal Teknik Mesin (Sinta 3)*, 21(1), 21-28.
- [15] Nainggolan, C. J., Saragih, I. M., Rusmanto, M. A., & Ginting, Y. T. (2024, October). Analisis Faktor Kerusakan Mesin terhadap Produktivitas PT XYZ menggunakan Fishbone Diagram, FTA, dan Diagram Afinitas. In *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (Vol. 7, No. 1, pp. 909-913).