



ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS CPO PADA PROSES REFINERY GUNA MENURUNKAN FFA DI PT XYZ

Muhamad Tirta Wijaya Kusuma, Azhari

Universitas Al – Khairiyah, Cilegon, Indonesia

E-mail : kusumawijaya909@gmail.com; azhclg01@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini berpusat pada analisis sistem pengendalian kualitas pada proses pemurnian (*refining*) *Crude Palm Oil* (CPO) di PT XYZ, dengan tujuan meminimalkan kadar asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*/FFA) pada produk *Refined, Bleached, and Deodorized Palm Oil* (RBDPO). Pendekatan kuantitatif yang diterapkan berbasis metodologi *Six Sigma* melalui siklus DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Evaluasi proses tersebut diperkuat oleh triangulasi data yang bersumber dari observasi lapangan, wawancara terstruktur, dokumentasi internal, serta rekam jejak historis perusahaan. Pada fase *Define*, pemetaan proses dilakukan lewat diagram SIPOC dan penentuan *Critical to Quality* (CTQ). Fase *Measure* melibatkan pengukuran kestabilan melalui peta kendali P serta perhitungan nilai DPU, DPO, DPMO, dan kapabilitas sigma. Selanjutnya, fase *Analyze* memanfaatkan diagram Pareto dan *Fishbone* guna mengidentifikasi akar penyebab masalah. Berdasarkan temuan, rata-rata produk di luar spesifikasi (*out of spec*) FFA sepanjang tahun 2025 mencapai 2,9%, dengan nilai DPMO sebesar 9.752,3232 dan tingkat performa pada 3,87 sigma (setara rata-rata industri nasional). Faktor pemicu utama kegagalan ini berasal dari aspek manusia, mesin, metode, material, lingkungan, dan pengukuran. Sebagai solusi, pada tahap *Improve*, disusunlah rekomendasi berbasis 5W+1H yang mencakup pengetatan pengawasan bahan baku, pemeliharaan sistem vakum dan *sparging steam*, pembaruan SOP, kalibrasi instrumen berkala, serta pelatihan operator. Terakhir, tahap *Control* dirancang untuk menjamin konsistensi dan stabilitas mutu RBDPO di PT. XYZ secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Pengendalian Kualitas, CPO, FFA, *Six Sigma* DMAIC, *Refinery*.

Abstract

This research focuses on the analysis of the quality control system in the refining process of Crude Palm Oil (CPO) at PT XYZ, with the aim of minimizing the level of Free Fatty Acid (FFA) in Refined, Bleached, and Deodorized Palm Oil (RBDPO) products. The quantitative approach applied is based on the Six Sigma methodology through the DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). The evaluation of the process is strengthened by triangulation of data sourced from field observations, structured interviews, internal documentation, and the company's historical track record. In the Define phase, process mapping is carried out through SIPOC diagrams and Critical to Quality (CTQ) determination. The Measure phase involves measuring stability through the P control map as well as calculating the values of DPU, DPO, DPMO, and sigma capabilities. Next, the Analyze phase utilizes Pareto and Fishbone diagrams to identify the root cause of the problem. Based on the findings, the average out-of-spec FFA product throughout 2025 will reach 2.9%, with a DPMO value of 9,752.3232 and a performance level of 3.87 sigma (equivalent to the national industry average). The main triggering factors for this failure come from human, machine, method, material, environmental, and measurement aspects. As a solution, in the Improve stage, recommendations based on 5W+1H were prepared which included tightening raw material supervision, maintenance of vacuum and steam sparging systems, updating SOPs, periodic instrument calibration, and operator training. Finally, the Control stage is designed to ensure the consistency and stability of the quality of RBDPO at PT. XYZ on an ongoing basis.

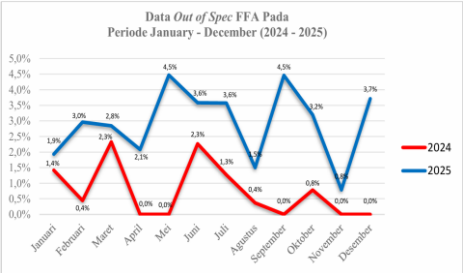
Keywords: Quality Control, CPO, FFA, *Six Sigma* DMAIC, *Refinery*.

Pendahuluan

Tanaman sawit pertama kali dibawa ke Indonesia oleh Pemerintah Hindia Belanda dan mulai dibudidayakan pada tahun 1848 di Kebun Raya Bogor. Memasuki awal abad ke-20, perkebunan sawit mulai meluas di wilayah Sumatera. Pada tahun 1919, Hindia Belanda mulai mengekspor hasil panen sawit ke Eropa. Seiring waktu, budidaya sawit di Indonesia berkembang pesat hingga menjadikan Indonesia sebagai negara pengekspor minyak sawit terbesar di dunia saat ini (Saut & Gultom, 2023).

Minyak goreng berbasis kelapa sawit menjadi jenis minyak nabati yang paling mendominasi konsumsi rumah tangga di Indonesia, mengungguli alternatif lain seperti minyak kelapa dan minyak kedelai. Minyak sawit dinilai lebih unggul karena karakteristiknya yang aman dikonsumsi, ramah lingkungan, serta bersifat mudah terurai (*biodegradable*). Di samping itu, komoditas ini terbukti tidak memicu kenaikan kadar kolesterol darah, serta memiliki nilai gizi tambahan berupa kandungan beta-karoten sebagai pro-vitamin A dan kekayaan vitamin E (Adellia Anggraini Pohan, 2023).

Tahap awal dari pembuatan minyak goreng sawit adalah proses refinery. Proses refinery merupakan proses pemurnian minyak CPO (*Crude Palm Oil*) untuk menurunkan kandungan air, memisahkan FFA (*Free Fatty Acid*), memecahkan zat warna, dan menghilangkan bau hingga menghasilkan RBDPO (*Refinery Bleached Deodorized Palm Oil*). Di PT XYZ, produk RBDPO mengalami permasalahan kualitas pada kadar FFA (*Free Fatty Acid*), yang disebabkan oleh beberapa parameter seperti spurging, temperature tinggi, dan tekanan vacuum yang perlu disesuaikan dengan kondisi bahan baku, terutama jika spesifikasinya mendekati batas maksimum. Visualisasi data terkait Out of Spec FFA pada rentang waktu Januari–Desember untuk tahun 2024 dan 2025 dapat diamati melalui grafik di Gambar 1.



Gambar 1. Data *Out of Spec* FFA Pada Periode Januari – Desember 2024 2025 (2024 – 2025)

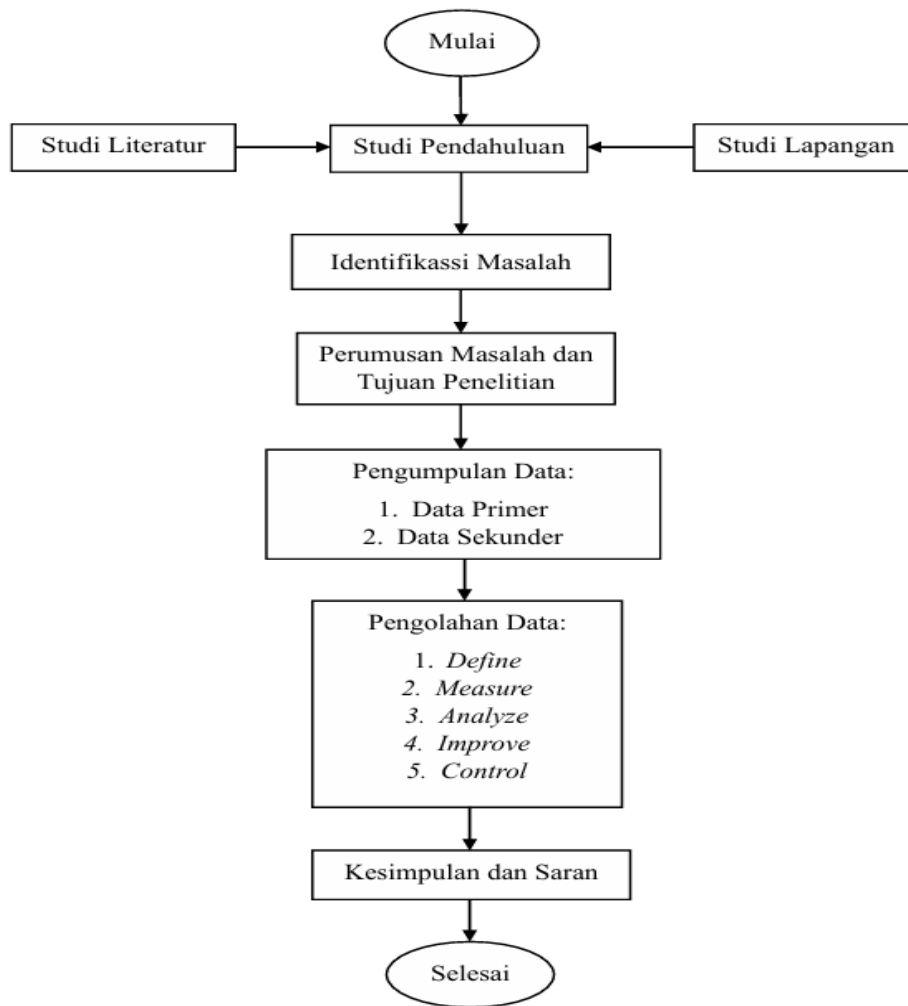
Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa performa kualitas pada tahun 2024 lebih baik dibandingkan tahun 2025 karena memiliki persentase *out of spec* yang lebih rendah dan lebih stabil. Tingginya nilai out of spec FFA pada tahun 2025 mengindikasikan adanya beberapa faktor penyebab seperti ketidakstabilan temperatur proses, sistem vakum yang kurang optimal, kualitas bahan baku CPO, maupun kesalahan operasional pada proses deodorizer dan refinery. Atas dasar kondisi tersebut, implementasi tindakan perbaikan serta pengendalian proses secara kontinu mutlak diperlukan demi mereduksi persentase *out of spec* FFA sekaligus menjaga kualitas produk agar tetap konsisten memenuhi standar mutu perusahaan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengidentifikasi berbagai faktor kritis yang memengaruhi peningkatan kadar asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*/FFA) pada proses pemurnian (*refining*) *Crude Palm Oil* (CPO), mengidentifikasi penyebab terjadinya defect atau out of spec FFA pada proses pemurnian (*Refining*) dan merekomendasikan tindakan perbaikan untuk menurunkan tingkat FFA yang terjadi pada proses pemurnian (*Refining*) PT. XYZ.

Penelitian ini mengimplementasikan metode *Six Sigma* dengan mengadopsi kerangka kerja DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) sebagai strategi terstruktur dalam pemecahan masalah operasional. Melalui kelima tahapan sistematis tersebut, tingkat kecacatan pada produk RBDPO dapat dianalisis dan direduksi secara signifikan. Upaya pengendalian kualitas ini diharapkan mampu meminimalkan kerugian finansial perusahaan yang diakibatkan oleh produk minyak RBDPO yang tidak memenuhi standar kualitas (*defect*).

Metode Penelitian

Bagian ini menguraikan kronologi tahapan yang disusun secara sistematis untuk menjamin keterukuran dan struktur penelitian. Alur kerja operasional ini diinisiasi dari studi literatur serta observasi lapangan, hingga diakhiri pada tahap perumusan kesimpulan. Adapun visualisasi dari rangkaian prosedur tersebut secara menyeluruh disajikan pada diagram alur Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alir yang disajikan pada Gambar 2, sistematika dan tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat diuraikan secara terperinci sebagai berikut:

a) Studi Pendahuluan

1. Studi Literatur: Tahapan ini dilakukan untuk mengumpulkan informasi teoretis dari berbagai sumber ilmiah seperti jurnal, buku, dan referensi relevan lainnya yang berfungsi sebagai landasan teoritis penelitian.
2. Studi Lapangan: Pengamatan langsung dilaksanakan di PT XYZ pada periode Januari hingga Desember 2025 guna memperoleh data empiris mengenai kondisi riil dan situasi aktual di lokasi penelitian.

b) Identifikasi Masalah Proses ini dilakukan pada pabrik *refinery* untuk mengetahui jenis permasalahan yang

terjadi. Kegiatan ini dilakukan dengan meninjau kendala yang berkaitan dengan kualitas pada proses produksi *refining* CPO.

c) Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian Perumusan masalah merupakan tahap di mana inti permasalahan yang telah ditemukan dijabarkan kembali dan dipusatkan pada lingkup yang lebih spesifik. Sementara itu, tujuan penelitian berfungsi sebagai panduan dalam mengarahkan langkah penelitian serta menentukan hasil yang ingin dicapai. Pendekatan DMAIC dalam konsep *Six Sigma* diaplikasikan pada penelitian ini untuk memetakan spesifikasi cacat produk serta merancang rekomendasi perbaikan yang efektif guna menekan persentase kegagalan produksi.

d) Pengumpulan Data, pada tahapan ini pencarian dan penghimpunan data dilakukan melalui metode observasi

langsung di area kerja perusahaan yang menjadi objek penelitian.

- e) Analisis data dalam penelitian ini mengimplementasikan siklus DMAIC yang terintegrasi di dalam metodologi *Six Sigma*. Sebagai sistem pengendalian kualitas berbasis data dan analisis statistik, *Six Sigma* berorientasi pada peningkatan kapabilitas serta optimalisasi proses manufaktur. Target utama metode ini adalah meminimalkan variasi proses guna mendekati kondisi bebas cacat (*zero defect*), dengan menetapkan batas kapabilitas performa pada tingkat 6 *sigma* (enam standar deviasi). Rangkaian tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1. Tahap *define*, tahap awal penelitian ini berfokus pada identifikasi masalah terkait jenis cacat *Free Fatty Acid* (FFA) sebagai atribut *Critical to Quality* (CTQ) pada minyak *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO). Selain itu, dilakukan pula pengumpulan data volume produksi RBDPO selama periode satu tahun serta penyusunan diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*). Dari tahapan ini didapatkan parameter kritis seperti *raw material*, *sparging* dan *vacuum system*.
2. Sebagai fase kedua dalam penelitian, tahap ini berfungsi untuk menguantifikasi kinerja proses produksi melalui pengukuran sampel. Evaluasi kualitas dilakukan melalui dua bentuk analisis statistik, yaitu implementasi peta kendali P (*P-Chart*) ditujukan untuk mengevaluasi konsistensi dan stabilitas proses manufaktur, sedangkan metrik *Defect per Million Opportunities* (DPMO) diaplikasikan guna mengukur tingkat kapabilitas *Six Sigma* dari produk RBDPO yang dihasilkan.
3. Tahap *analyze*, tahap ketiga ini berfokus pada identifikasi akar penyebab masalah melalui dua metode analisis utama. Pertama, Diagram *Pareto* digunakan untuk memetakan frekuensi kendala, menghitung persentasenya

menggunakan rumus tertentu, serta mendeteksi apakah masalah tersebut berada di luar batas kendali. Langkah ini mempermudah proses pengolahan data melalui penyajian tabel contoh. Kedua, analisis dilanjutkan dengan Diagram *Fishbone* (sebab-akibat) untuk merumuskan solusi strategis demi memaksimalkan nilai keberhasilan dan mutu produk RBDPO.

4. Fase ini berfokus pada perumusan berbagai rekomendasi dan tindakan korektif untuk mengatasi masalah kegagalan mutu pada produk. Langkah strategis tersebut diimplementasikan guna menekan tingkat kecacatan produk agar selaras dengan target penelitian. Dalam merancang solusi perbaikan kualitas pada minyak RBDPO, metode 5W+1H (*What, Who, Where, When, Why, How*) diterapkan sebagai kerangka kerja untuk menganalisis faktor penyebab dan menyusun rencana aksi secara komprehensif.
 5. Tahap *control*, tahap ini merupakan langkah penutup dalam proyek pengendalian kualitas berbasis metode *Six Sigma*. Pada fase *control* ini, penekanan diberikan pada pentingnya pengendalian kualitas secara berkelanjutan melalui siklus DMAIC demi mencapai target *Six Sigma* yang ditetapkan. Sebagai langkah konkret, perusahaan direkomendasikan untuk memperketat pengawasan melalui optimalisasi kinerja mesin serta penyesuaian parameter operasional secara presisi.
- f) Kesimpulan dan Saran Kesimpulan memberikan rangkuman jawaban dari rumusan masalah dan saran dari penulis untuk perusahaan yang diteliti.

Hasil dan Pembahasan

Setelah seluruh data penelitian terhimpun, proses pengolahan data dilanjutkan dengan menerapkan metodologi *Six Sigma* melalui pendekatan DMAIC. Adapun data hasil pengumpulan terkait produk *Out of Spec* FFA pada pabrik *Refinery* PT. XYZ selama periode Januari hingga Desember 2025 disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Data Out Of Spec FFA
Tahun 2025**

Bulan	Jumlah Produksi (ton)	Jumlah <i>Out Of Spec Oil</i> (ton)	persentase
Januari	36781	711	1,9%
Februari	40732	1206	3,0%
Maret	34990	995	2,8%
April	44148	919	2,1%
Mei	44497	1990	4,5%
Juni	43619	1563	3,6%
Juli	45082	1610	3,6%
Agustus	40084	602	1,5%
September	41763	1864	4,5%
Oktober	45287	1448	3,2%
November	44826	353	0,8%
Desember	40486	1503	3,7%
Total	502295	14764	2,9%

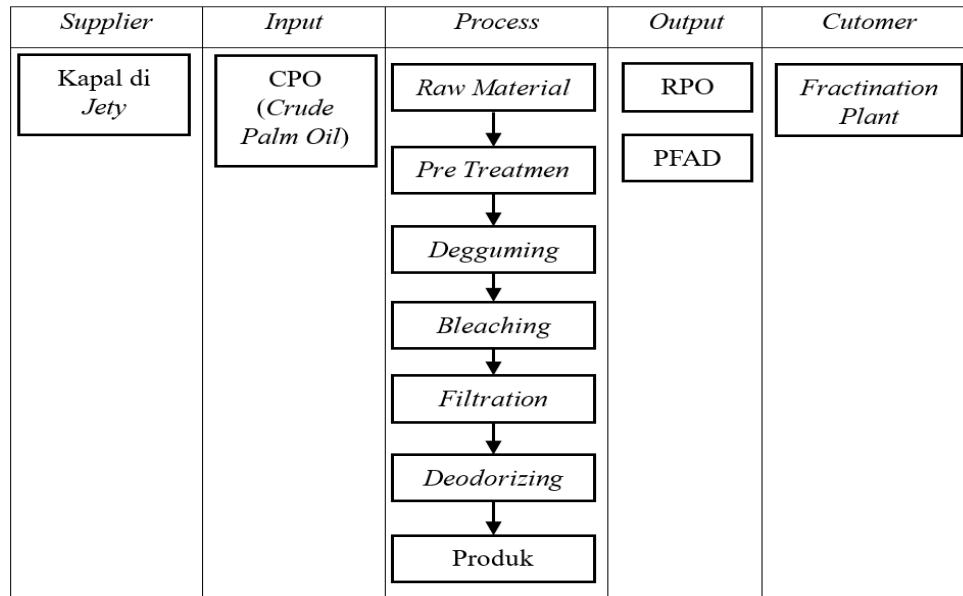
Dari table 1. diatas persentase *out of spec* FFA pada oil RPO, dapat dilihat bahwa rata-rata persentase *out of spec* sepanjang 1 tahun (Januari sampai Desember 2025) adalah sekitar 2,9%. *Out of spec* tertinggi pada bulan Mei dan September 2025 yaitu 4,5%. Hal ini menegaskan adanya masalah signifikan dalam kualitas, terutama pada bulan-bulan dengan persentase *out of spec* yang jauh diatas rata-rata tahunan. Ketidakstabilan data tersebut mengindikasikan adanya urgensi untuk mengevaluasi dan memperbaiki variabel proses yang memicu peningkatan drastis pada persentase kerusakan minyak dalam periode tertentu.

Define

- Identifikasi Masalah: Karakteristik mutu *Crude Palm Oil* (CPO) yang dihasilkan saat

ini menunjukkan fluktuasi yang signifikan dan kerap mendekati batas toleransi atas, bahkan sebagian di antaranya telah melewati standar spesifikasi internal perusahaan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan mutu produk CPO dengan mereduksi variasi kadar komponen melalui pengendalian empat faktor kritis produksi, yaitu material, tenaga kerja (manusia), performa mesin, dan metode kerja

- Identifikasi Proses Kunci: Pemetaan terhadap proses-proses utama dalam sistem produksi diidentifikasi menggunakan diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*), yang alurnya dirangkum pada Gambar 3. dibawah ini.



Gambar 3. Diagram SIPOC

Penjelasan mendalam mengenai pemetaan diagram SIPOC tersebut diuraikan melalui rincian parameter berikut ini:

1. *Supplier*

Kapal berfungsi sebagai sarana pengiriman bahan baku dari sumber produksi menuju pabrik. Keberadaan supplier sangat penting karena menjamin ketersediaan bahan baku untuk proses produksi. Jika pasokan dari kapal terlambat atau kualitas bahan tidak sesuai, maka proses produksi di pabrik dapat terganggu.

2. *Input*

CPO (*Crude Palm Oil*) menjadi bahan baku utama yang akan diolah di *refinery plant*. Kualitas CPO sangat memengaruhi hasil akhir produk, sehingga parameter seperti kadar FFA, kotoran, dan warna harus diperhatikan sebelum masuk ke tahap produksi.

3. *Process*

Tahapan proses pengolahan terdiri dari beberapa langkah berurutan:

a) *Raw Material*

Tahap penerimaan dan penyimpanan bahan baku sebelum diproses lebih lanjut.

b) *Pre Treatment*

Proses awal untuk mempersiapkan CPO agar sesuai dengan kondisi operasi, seperti pemanasan atau penyesuaian kualitas.

c) *Degumming*

Tahap penghilangan *gum*, *fosfolipid*, dan zat pengotor lainnya agar minyak lebih murni.

d) *Bleaching*

Proses pemucatan untuk mengurangi warna gelap, pigmen, dan sisa pengotor menggunakan *bleaching earth*.

e) *Filtration*

Penyaringan untuk memisahkan *bleaching earth* dan partikel padat dari minyak.

f) *Deodorizing*

Tahap penghilangan bau, rasa, serta asam lemak bebas melalui pemanasan suhu tinggi di bawah tekanan vakum.

g) *Produk*

Tahap akhir di mana minyak telah menjadi produk jadi yang siap disalurkan.

4. *Output*

Hasil dari proses ini terdiri dari:

a) *RPO (Refined Palm Oil)*

Produk utama berupa minyak sawit olahan yang telah dimurnikan.

b) PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)

Sebagai produk sampingan dari proses *deodorizing*, *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) memiliki nilai ekonomis sekunder yang potensial. Produk ini secara luas dimanfaatkan oleh industri eksternal untuk pemrosesan lebih lanjut menjadi sabun, produk kosmetik, maupun bahan bakar nabati (biodiesel).

5. *Customer*

Customer pada diagram ini adalah *Fractionation Plant*. Unit ini menerima RPO sebagai bahan baku untuk proses lanjutan, yaitu pemisahan fraksi cair dan padat agar diperoleh produk turunan seperti *olein* dan *stearin*.

- Identifikasi komponen *Critical to Quality* (CTQ)—yang merupakan indikator mutu utama dan dapat diukur pada produk maupun proses—disajikan secara mendetail pada Tabel 2 di bawah ini.
-

Tabel 2. *Critical to Quality*

(CTQ) <i>Critical to Quality</i>	Jenis Permasalahan	Deskripsi
CTQ-1	<i>Raw Material</i>	Tingginya konsentrasi asam lemak bebas dapat mengakibatkan penurunan rendemen minyak dan menurunkan kualitas minyak tersebut. Jika kadar FFA (<i>Free Fatty Acids</i>) pada CPO melebihi standar kualitas yang telah ditetapkan, produk RBDPO (<i>Refinery Bleached Deodorized Palm Oil</i>) tidak dapat dijual, mengakibatkan kerugian finansial bagi perusahaan.
CTQ-2	<i>Spurging steam</i>	<i>Steam</i> yang digunakan pada proses <i>spurging</i> bertekanan 1 barg yang berfungsi sebagai media pengaduk di dalam tangki <i>deodorizer</i> agar FFA dapat terpisah dari RBDPO, apabila tekanan steam menurun, maka <i>spurging</i> tidak maksimal sehingga dapat berdampak pada penurunan kualitas minyak produk.
CTQ-3	<i>Vacuum System</i>	Kestabilan vakum pada kisaran 0–5 mbar. Saat sistem ini mengalami gangguan, vakum akan langsung menurun akibatnya banyak uap panas dari tangki <i>deodorizer</i> yang tidak tertarik dan membuat tekanan vakum drop. Dengan masalah tersebut dapat berdampak pada penurunan kualitas minyak.

Measure

1. Peta kendali P (*P-Chart*) diimplementasikan untuk memantau stabilitas proses produksi secara kontinu serta mendeteksi adanya variasi proses. Dalam konteks konversi *Crude Palm Oil* (CPO) menjadi *Refined, Bleached, and Deodorized Palm Oil* (RBDPO), instrumen kendali mutu ini memanfaatkan basis data atribut yang bersumber dari laporan produksi harian (*daily production report*). Penggunaan *P-Chart* memberikan gambaran menyeluruh mengenai kinerja proses produksi, sehingga fluktuasi kualitas dapat terus diawasi.

- a. Menghitung nilai rata – rata (*Center Line*) cacat produk:

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

$$CL = \bar{p} = \frac{14764}{502295} = 0,029$$

Keterangan: CL == *Center line*

$\bar{p}$

$\sum np$ = total jumlah cacat

$\sum n$ = total jumlah produksi

- b. Menghitung batas kendali atas atau *Upper Control Limit* (UCL):

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

$$\text{Bulan Januari : } UCL = 0,029 + 3 \sqrt{\frac{0,029(1-0,029)}{36781}}$$

Keterangan $\bar{p}$ = *Center line*

: n = jumlah produksi

- c. Menghitung batas kendali bawah atau *Lower Control Limit* (LCL):

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

$$\text{Bulan Januari : } LCL = 0,029 - 3 \sqrt{\frac{0,029(1-0,029)}{36781}}$$

$\bar{p}$ = *Center line*

Keterangan n = jumlah produksi
:
Hasil kalkulasi tersebut selanjutnya
mendasari penyusunan peta kendali P (*P-chart*)

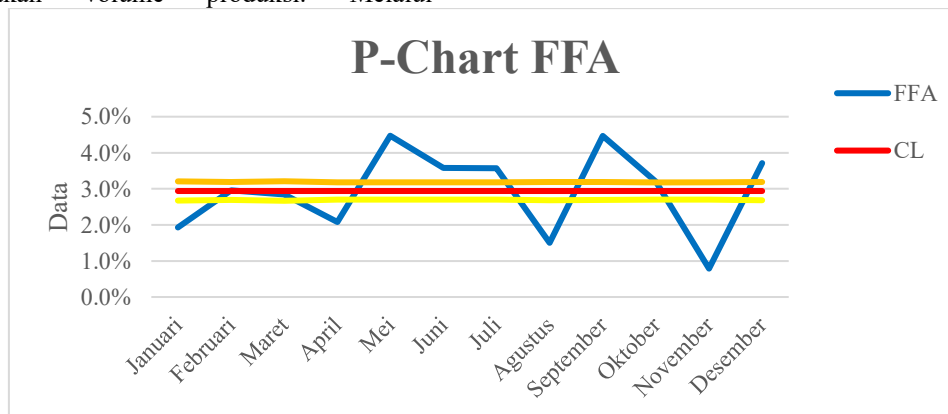
guna mengevaluasi stabilitas proses, dengan
visualisasi dan rincian sebagai berikut:

Tabel 3 Analisis Diagram Kontrol (P-Chart)

Bulan	Jumlah Produksi (ton)	Jumlah <i>Out Of Spec</i> (ton)	CL / p	UCL	LCL
Januari	36781	711	0,029	0,03203521	0,0267510
Februari	40732	1206	0,029	0,03190380	0,0268824
Maret	34990	995	0,029	0,03210199	0,0266842
April	44148	919	0,029	0,03180471	0,0269815
Mei	44497	1990	0,029	0,03179524	0,0269909
Juni	43619	1563	0,029	0,03181929	0,0269669
Juli	45082	1610	0,029	0,03177960	0,0270066
Agustus	40084	602	0,029	0,03192402	0,0268622
September	41763	1864	0,029	0,03187262	0,0269136
Oktober	45287	1448	0,029	0,03177419	0,0270120
November	44826	353	0,029	0,03178640	0,0269998
Desember	40486	1503	0,029	0,03191142	0,0268748
Total	502295	14764			

Pengujian stabilitas data melalui peta kendali P dilakukan dengan mengacu pada tiga parameter utama, yaitu: *Central Line* (CL) yang merepresentasikan rata-rata proporsi cacat (p), *Upper Control Limit* (UCL) sebagai batas kendali atas, serta *Lower Control Limit* (LCL) sebagai batas kendali bawah, di mana variabel η menyatakan volume produksi. Melalui

representasi grafik *P-Chart* pada Gambar 4, teridentifikasi beberapa titik data yang keluar dari koridor kendali UCL dan LCL akibat fluktuasi proses. Fenomena tersebut mengindikasikan bahwa sistem manufaktur perusahaan saat ini belum mencapai kestabilan statistik (*out of control process*).



Gambar 4. Peta Kendali (P-Chart)

- Perhitungan DPMO dan Tingkat *six sigma*
Pengukuran potensi kerusakan dalam skala satu juta peluang diwujudkan melalui metrik *Defect per Million Opportunities* (DPMO), yang berfungsi sebagai representasi tingkat kegagalan sistem produksi secara komprehensif. Nilai

DPMO dikalkulasikan dengan mengalikan *Defect per Opportunity* (DPO) dengan faktor konstanta 1.000.000. Secara statistik, indikator ini mencerminkan besarnya probabilitas terjadinya cacat produk dalam satu juta kesempatan operasional.

Tabel 4. Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma

Bulan	Jumlah Produksi (ton)	Jumlah <i>Out Of Spec</i> (ton)	DPU	DPO	DPMO	Nilai <i>Sigma</i>
Januari	36781	711	0,019331	0,0064435	6443,5442	3,99
Februari	40732	1206	0,029608	0,0098694	9869,3902	3,83
Maret	34990	995	0,028437	0,0094789	9478,8987	3,85
April	44148	919	0,020816	0,0069388	6938,7817	3,96
Mei	44497	1990	0,044722	0,0149074	14907,3720	3,67
Juni	43619	1563	0,035833	0,0119443	11944,3362	3,76
Juli	45082	1610	0,035713	0,0119042	11904,2338	3,76
Agustus	40084	602	0,015018	0,0050062	5006,1537	4,08
September	41763	1864	0,044633	0,0148776	14877,6030	3,67
Oktober	45287	1448	0,031974	0,0106580	10657,9519	3,80
November	44826	353	0,007875	0,0026250	2624,9647	4,29
Desember	40486	1503	0,037124	0,0123746	12374,6480	3,75
Total	502295	14764	0,351084	0,1170279	117027,8781	46,40
Rata - Rata	41857,9167	1230,333	0,029257	0,0097523	9752,3232	3,87

- Perhitungan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*)

$$DPMO = \frac{\text{Total Kerusakan}}{\text{total produk} \times CTQ} \times 1.000.000$$

$$\text{Bulan Januari: DPMO} = \frac{711}{36781 \times 3} \times 1.000.000$$

- Perhitungan Nilai *Sigma*

$$= \text{NORMSINV} \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Bulan Januari:} = \text{NORMSINV} \left(\frac{1.000.000 - 9752,3232}{1.000.000} \right) + 1,5$$

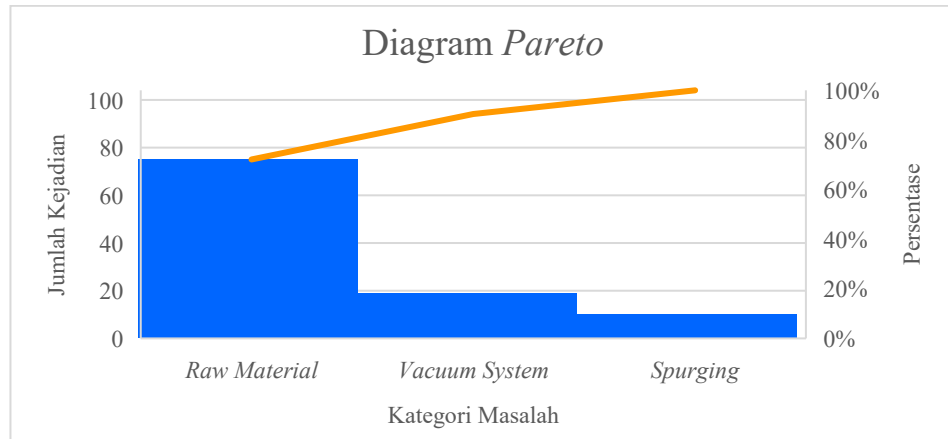
Mengacu pada data rekapitulasi tersebut, indeks kapabilitas proses perusahaan rata-rata mencapai level 3,87 *Sigma* dengan nilai rata-rata kerusakan sebesar 9.752 DPMO (*Defects Per Million Opportunities*). Hal ini mengindikasikan bahwa dari setiap satu juta peluang produksi, diprediksi terdapat 9.725 unit produk yang berada di luar spesifikasi (*out of spec*). Meskipun

kapabilitas proses operasional ini tergolong mapan secara industri, nilai tersebut menunjukkan masih terdapat ruang perbaikan yang signifikan untuk mendekati standar industri kelas dunia (*Six Sigma* atau 6 *sigma*).

3.1 *Analyze*

Fase ketiga dalam kerangka kerja ini difokuskan pada pengidentifikasian serta penentuan akar penyebab terjadinya deviasi kualitas (*out of spec*) pada parameter FFA. Melalui tahap *Analyze*, faktor-faktor pemicu masalah diisolasi dan jenis defek yang paling dominan dipetakan guna menentukan skala prioritas atau urgensi penanganan yang membutuhkan tindakan korektif segera. Pelaksanaan tahap analisis ini ditempuh melalui dua langkah utama, yaitu:

- Diagram *Pareto*

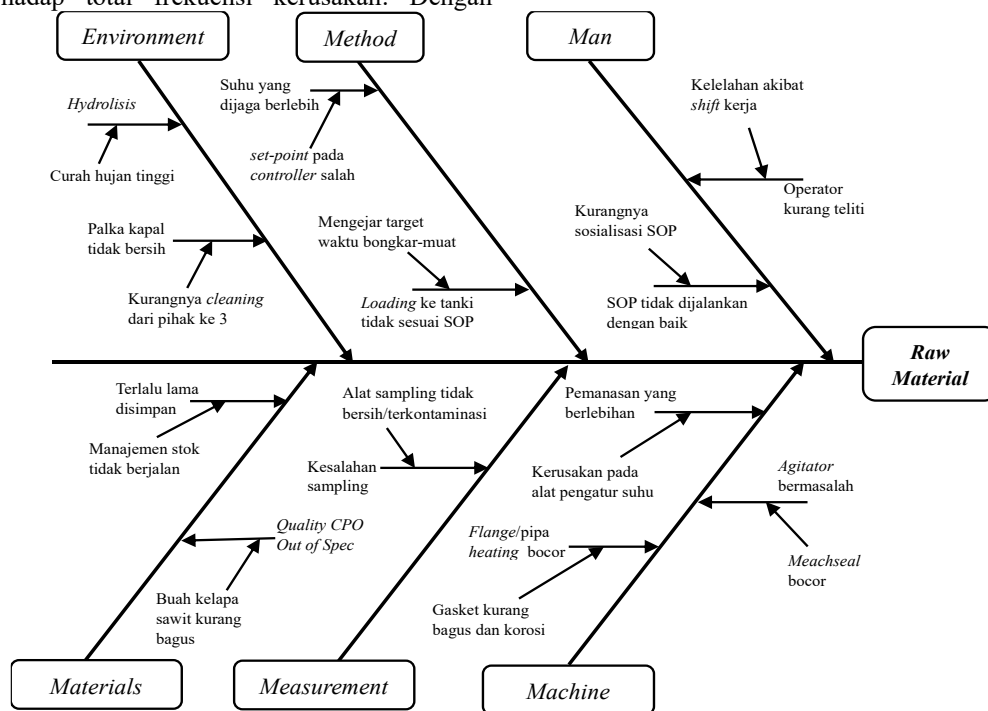


Gambar 5. Diagram Pareto

Berdasarkan visualisasi grafik tersebut, dapat diidentifikasi bahwa faktor bahan baku (*raw material*) merupakan penyebab kegagalan mutu yang paling kritis karena memberikan kontribusi akumulatif yang paling dominan terhadap total frekuensi kerusakan. Dengan

frekuensi mencapai 75 kejadian atau setara dengan 72% dari seluruh permasalahan, kategori ini menjadi "masalah vital" yang secara langsung paling menghambat efisiensi operasional.

b. Diagram Fishbone



Gambar 6. Diagram Fishbone Raw

Material

Berdasarkan analisis diagram *fishbone* diatas, permasalahan penurunan kualitas pada *Raw Material* dipengaruhi secara komprehensif oleh enam faktor utama, yaitu *Environment*, *Method*, *Man*, *Materials*, *Measurement*, dan *Machine*. Dari aspek *Environment*, masalah hidrolisis dipicu oleh tingginya curah hujan dan palka kapal yang kotor akibat kurangnya pembersihan oleh pihak ketiga. Pada faktor

Method, terjadi deviasi suhu yang dijaga berlebih karena kesalahan *set-point* pada *controller*, serta pelaksanaan *loading* ke tangki yang mengabaikan SOP demi mengejar target waktu bongkar-muat. Faktor *Man* berkontribusi melalui ketidaktelitian operator akibat kelelahan *shift* kerja dan ketidakpatuhan terhadap SOP yang kurang disosialisasikan. Dari sisi *Materials*, masalah kualitas CPO yang *out of spec* disebabkan oleh penyimpanan yang terlalu lama

akibat buruknya manajemen stok serta kualitas buah kelapa sawit yang rendah. Aspek *Measurement* menunjukkan adanya kesalahan *sampling* karena alat yang digunakan tidak bersih atau terkontaminasi. Terakhir, faktor *Machine* memunculkan kendala teknis berupa pemanasan berlebihan akibat rusaknya alat pengatur suhu, kebocoran pipa *heating/flange* yang dipicu oleh korosi dan *gasket* yang buruk, serta masalah pada *agitator* karena kebocoran *mechanical seal*. Secara keseluruhan, interaksi dari keenam faktor tersebut mengakibatkan akumulasi masalah yang secara signifikan berujung pada menurunnya kualitas *Raw Material*.

Improve

Tahap *improve* dilakukan setelah perusahaan mengetahui penyebab atau faktor-faktor yang menimbulkan kualitas rendah dari produksi CPO. Tahap ini memplot gerakan korektif untuk meningkatkan tingkat pertama dari enam *sigma* dan membantu rencana perbaikan terhadap faktor-faktor yang menimbulkan kualitas rendah sesuai diagram *fishbone*. Pada tahap ini menggunakan rencana perbaikan dengan analisis 5W + 1H. Berikut merupakan saran perbaikan untuk unsur unsur dari setiap faktor yang ada.

Tabel 5 Saran perbaikan out of spec karena Raw Material

5W1H	Penjelasan
Faktor	<i>Measurement</i>
Penyebab	Kesalahan <i>sampling</i>
What	Menyusun Instruksi Kerja (IK) standarisasi pembersihan alat <i>sampling</i> , memperketat verifikasi kebersihan alat, serta memperbarui metode pengambilan sampel agar representatif (<i>multi-level sampling</i>).
Why	Untuk mencegah risiko kontaminasi silang pada sampel dan memastikan hasil analisis laboratorium akurat serta mencerminkan kualitas aktual dari <i>Crude Palm Oil</i> (CPO) yang datang.
Where	Titik pengambilan sample di <i>Jetty</i> dan <i>Tank Farm</i>
When	Penyusunan IK baru harus diselesaikan sebelum tanggal, misal: 31 Mei 2026 dan sosialisasi metode baru wajib selesai sebelum kedatangan kapal/truk CPO berikutnya.
Who	Supervisor QC (<i>Quality Control</i>) / <i>Laboratorium</i>
How	Menyusun instruksi kerja tertulis mengenai tata cara pembersihan alat <i>sampling</i> menggunakan pelarut yang sesuai, mewajibkan pemeriksaan visual dan pengeringan alat sebelum digunakan, serta menyediakan tempat penyimpanan khusus alat yang bersih untuk menghindari paparan debu atau kelembapan udara.

5W1H	Penjelasan
Faktor	<i>Material</i>
Penyebab	Terlalu lama disimpan
What	Mengimplementasikan sistem manajemen inventaris digital berbasis metode FIFO (<i>First-In, First-Out</i>) yang ketat serta penetapan batas waktu penyimpanan maksimal (<i>maximum aging</i>) untuk setiap tangki.
Why	Untuk mencegah terjadinya kenaikan kadar asam lemak bebas (FFA) dan oksidasi pada CPO akibat masa simpan yang melampaui batas optimal
Where	<i>Tank Farm</i>
When	Dalam 15 hari ke depan ketika CPO masuk tanki
Who	Supervisor PPIC
How	Menggunakan perangkat lunak manajemen stok untuk memantau tanggal penerimaan setiap lot material secara otomatis dan memberikan peringatan (<i>alert</i>) pada sistem jika suatu lot material mendekati batas waktu penyimpanan maksimal agar segera diprioritaskan untuk proses produksi.

3.2 Control

Fase ini berfokus pada pengawasan dan standarisasi terhadap implementasi rekomendasi perbaikan yang telah dirumuskan agar performa kualitas tetap konsisten. Tahap *Control* dijalankan berdasarkan matriks rencana

aksi yang tertuang dalam tabel 5W+1H. Langkah pengawasan ini bertujuan untuk memberikan panduan bagi perusahaan dalam menjaga keberlanjutan sistem pengendalian kualitas. Adapun usulan tindakan preventif untuk mengendalikan variasi *out of spec* pada parameter FFA dijabarkan sebagai berikut:

1. Standardisasi Prosedur
Setelah melakukan perbaikan pada tahap Improve, langkah pertama adalah mengunci perubahan tersebut ke dalam dokumen resmi.
 - a. Visual Management: Memasang poster instruksi kerja dan label parameter (kode warna) di area mesin agar operator mudah memantau batas aman tekanan (misalnya: hijau untuk tekanan normal pada spurgung).
 - b. Audit FIFO: Melakukan audit mingguan terhadap manajemen stok di Tank Farm untuk memastikan metode First-In First-Out benar-benar dijalankan guna mencegah kenaikan kadar FFA akibat penyimpanan terlalu lama.
2. Pelatihan dan Evaluasi SDM
 - a. Pelatihan Berkala: Mengadakan sosialisasi SOP baru bagi operator untuk memitigasi human error akibat kurangnya pemahaman prosedur.
 - b. Sistem Reward & Punishment: Menerapkan KPI berbasis kualitas (Zero Error) untuk memotivasi operator agar lebih teliti saat proses loading dan pengambilan sampel.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pengendalian kualitas pada proses pemurnian (*refining*) CPO di PT. XYZ menggunakan metodologi *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC, dapat disimpulkan bahwa performa kualitas proses produksi sepanjang tahun 2025 berada pada level rata-rata industri Indonesia. Capaian tersebut ditunjukkan oleh nilai kapabilitas proses rata-rata sebesar 3,87 *Sigma* dengan tingkat kegagalan mutu sebesar 9.752,32 DPMO, serta persentase rata-rata produk out of spec FFA yang mencapai 2,9%. Analisis Diagram Pareto dan *Fishbone* mengidentifikasi bahwa faktor *Raw Material* (bahan baku) merupakan penyebab kegagalan paling kritis dan dominan (mencapai 72% dari total kejadian) yang dipengaruhi oleh interaksi berbagai masalah teknis serta operasional pada unsur manusia, mesin, metode, material, lingkungan, dan pengukuran. Untuk mengatasi kendala tersebut, rekomendasi perbaikan strategis yang dirumuskan mencakup pengetatan pengawasan mutu bahan baku melalui sistem manajemen inventaris FIFO digital, standarisasi instruksi kerja pembersihan alat *sampling*, perawatan rutin sistem vakum serta *spurgung steam*, pembaruan SOP, audit berkala, dan peningkatan kompetensi operasional. Implementasi seluruh usulan perbaikan ini secara berkelanjutan diharapkan mampu menekan

kadar FFA, meminimalkan kerugian finansial akibat produk cacat (*defect*), serta menjaga kestabilan mutu produk RBDPO sesuai standar perusahaan.

Daftar Pustaka

- Adellia Anggraini Pohan. (2023). *SIKAP MASYARAKAT TERHADAP KENAIKAN HARGA MINYAK GORENG (Studi Kasus : Pasar Rakyat Perbaungan)*.
- Al Veronica, U., Wahyudin, W., & Kharsima, N. S. (2025). PENERAPAN DMAIC SIX SIGMA UNTUK PENGENDALIAN KUALITAS KERTAS ROKOK: STUDI KASUS PADA PAPER MACHINE 2 DI PT BUKIT MURIA JAYA. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 17(1), 142-153.
- Ansori, F. A., & Nugraha Gusniar, I. (2023). *Penerapan Metode Seven Tools pada Pengendalian Kualitas Produk Cacat di PT. XYZ. VIII(2)*.
- Appy, F. N., & Wicaksono, P. A. (2025). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI CRUDE PALM OIL (CPO) DENGAN METODE SIX SIGMA (STUDI KASUS: PT SAMPOERNA AGRO TBK). *Industrial Engineering Online Journal*, 14(3).
- Denesa Elca Hernawati Girsang, A. A. (2023). PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK CRUDE PALM OIL (CPO) DENGAN METODE SIX SIGMA MELALUI PENDEKATAN DMAIC (Studi Kasus PTPN II PKS Sawit Seberang). *Industrial Engineering Online Journal* 12(3).
- Fachrudin, F., & Al Faritsy, A. Z. (2025). Analisis pengendalian kualitas untuk menurunkan jumlah cacat benang cotton dengan metode Six Sigma (DMAIC). *Jurnal Ilmiah Sains Teknologi dan Informasi*, 3(1), 31-44.
- Imansuri, F., Chayatunnufus, T., Safril, S., Sumasto, F., Purwojatmiko, B. H., & Salati, D. . (2024). Reducing Defects Using DMAIC Methodology in an Automotive Industry. *Spektrum Industri*, 22(1), 1–13.
- 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.

- Khan, A., Singh, A., Malviya, S., & Kharia, A. (2024). A Detailed Case Study on Deviation, Out-of-Specification(OOS) and CAPA Generation in Pharmaceutical Industry. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 9(7), 1106–1118
<https://doi.org/10.38124/ijisrt/ijisrt24ju11165>.
- 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.
- 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.
- Purnama Tanjung, D., Herni, J., Zega, Y., Zai, I. I., Indah, D., Harefa, P., Manajemen,), Ekonomi, F., Kunci, K., Kualitas, :, Pelanggan, K., Operasional, E., Saing, D., & Daya Manusia, S. (n.d.). *KUALITAS DALAM MEMPRODUKSI SUATU BARANG DAN JASA*.
- Ramadhan, R., Harahap, U. N., & Nasution, R. H. (2022). Penerapan metode Six Sigma pada pengendalian kualitas minyak goreng di PT. INNO-Wangsa Oil & Fat. *Jurnal Vorteks*, 3(1), 141-148.
- Rifaldi, M., & Sudarwati, W. (2024). Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA Sebagai Usaha untuk Mengurangi Cacat pada Produk Bracket. *Prosiding Semnastek*.
- Saut, Y., & Gultom, M. (2023). Perdagangan Minyak Sawit Indonesia ke India: Analisis Ecologically Unequal Exchange. In *Indonesian Perspective* (Vol. 8, Issue 2).
- SUMBAYAK, R. S. S. (2025). *ANALISIS FREE FATTY ACID (FFA) DAN COLOUR UNTUK MENGENDALIKAN MUTU MINYAK GORENG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DI PT. BERLIAN EKA SAKTI TANGGUH* (Doctoral dissertation).
- Syarifah, N., Muhammad, F., & Safrizal. (2023). *PERANAN STATISTICAL QUALITY CONTROL (SQC) DALAM PENGENDALIAN KUALITAS: STUDI LITERATUR* (Vol. 4, Issue 3).
- Utami, S. F., Almatsir, M. F., Mashabai, I., & Hudaningsih, N. (2023). Analisis kualitas kopi arabika di matano coffee menggunakan metode six sigma DMAIC The analysis of arabica coffee quality in matano coffee using the six sigma DMAIC method.
- Wahyuni, P., Mustafa, S. W., & Hamid, R. S. (2021). Pengaruh Harga Internasional dan Nilai Tukar terhadap Permintaan Ekspor Minyak Sawit di Indonesia. *Jesya (Jurnal Ekonomi & Ekonomi Syariah)*, 4(2), 1104–1116.
<https://doi.org/10.36778/jesya.v4i2.420>
- Wulandari, R. (2021). Penulisan Metodologi Penelitian: Penjelasan Metode, Bagian Tinjauan Literatur dan Penelitian Terdahulu. *Al-Kuttab: Jurnal Kajian Perpustakaan, Informasi dan Kearsipan*, Vol. 3 No. 2, 2021, hlm. 45.