Usulan Perbaikan Mutu CPO dengan Metode *Six Sigma* pada PT.PSU PKS Tanjung Kasau

Adi Syaputra Dachi[1*], Abdul Azis Syarif [2] , Denny Walady Utama[3]
[1,2,3]*Prodi Teknik Industri, Universitas Harapan Medan*
Jl. H.M. Joni No.70C, Medan
*Penulis Korespondensasi: adisyaputra_dachi@yahoo.co.id

Abstract

PT. PSU Tanjung Kasau is one of the BUMD's of North Sumatra Province in the agricultural sector. The product produced is Crude Palm Oil (CPO). CPO has quality parameters, namely free fatty acid (FFA) content, water content and dirt content. Based on data on the results of CPO production quality in January and February 2024, there are still several quality parameters that exceed the standards set by the company. Therefore, to determine the level of quality, factors that cause a decrease in the CPO level, and proposed improvements, research was carried out using the Six Sigma method with the stages of define, measure, analyze, improve and control (DMAIC). After processing, the CPO DPMO value was obtained of 676,451.85 with a sigma value of 1.04. Then using the Pareto diagram, it was obtained that the water content and free fatty acid content caused a decrease in CPO quality. Then based on the fishbone diagram, the human factor was obtained which was a lack of discipline, the material factor was bad qualityof TBS, and the machine factor was less than optimal machine performance and the method factor was not in accordance with the SOP. Proposed improvements to overcome the problems include conducting training and evaluation, increasing the supply of TBS and improving infrastructure, conducting regular monitoring and maintenance of machines, improving SOP's and implementing SOP's so that corporate governance can run well.

Keywords : *CPO, DMAIC, Six Sigma, Quality*

Abstrak

PT. PSU Tanjung Kasau merupakan salah satu BUMD Provinsi Sumatera Utara di bidang pertanian. Produk yang dihasilkan adalah Crude Palm Oil (CPO). CPO mempunyai parameter mutu yaitu kadar asam lemak bebas (FFA), kadar air dan kadar kotoran. Berdasarkan data hasil kualitas produksi CPO pada Bulan Januari dan Februari 2024 masih terdapat beberapa parameter mutu yang melebihi standar yang ditentukan perusahaan. Oleh karena itu untuk mengetahui tingkat mutu, faktor yang menyebabkan penurunan tingkat CPO, dan usulan perbaikannya dilakukan penelitian dengan metode Six Sigma dengan tahapan define, measure, analyze, improve and control (DMAIC). Setelah dilakukan pengolahan, diperoleh nilai DPMO CPO sebesar 676.451,85 dengan nilai sigma 1,04. Kemudian dengan menggunakan diagram pareto diperoleh bahwa kadar air dan kadar asam lemak bebas yang menyebabkan penurunan mutu CPO. Kemudian berdasarkan fishbone diagram diperoleh faktor manusia yang kurang disiplin, faktor material yaitu kualitas TBS yang buruk, dan faktor mesin yaitu kinerja mesin yang kurang optimal serta faktor metode yang tidak sesuai SOP. Usulan perbaikan untuk mengatasi permasalahan yaitu melakukan pelatihan dan evaluasi, menambah pasokan TBS dan memperbaiki infrastruktur, melakukan pemantauan dan perawatan mesin secara berkala, memperbaiki SOP dan menerapkan SOP agar tata kelola perusahaan dapat berjalan dengan baik.

Keywords: *CPO, DMAIC, Mutu, Six Sigma*

Pendahuluan

Minyak sawit semakin mendominasi pasar minyak nabati global. Menurut data USDA (2021), produksi minyak sawit menyumbang 44% dari total produksi minyak nabati pada tahun 2020. Situasi ini sangat menguntungkan bagi Indonesia. Selain meningkatkan kapasitas produksi, produsen kelapa sawit juga harus menghasilkan minyak sawit yang berkualitas.

Meningkatnya persaingan dan tingginya permintaan terhadap minyak sawit mentah menyebabkan persaingan pasar yang ketat antar produsen, oleh karena itu untuk bersaing perusahaan harus meningkatkan kualitas produknya.

Menurut (Garvin, 1994), kualitas adalah keadaan dinamis yang melibatkan produk, energi, tugas, dan lingkungan yang memenuhi atau melampaui harapan pelanggan. Maka, perusahaan menerapkan pengendalian mutu ketika proses pembuatan produk dan standar mutu harus menunjukkan bahwa perusahaan bertanggungjawab atas produksi produknya (Napitu et al., 2022).

Pengendalian kualitas didefinisikan sebagai suatu sistem untuk memeriksa dan memelihara tingkat kualitas yang dibutuhkan dari suatu produk maupun proses yang dicapai melalui perencanaan cermat, penggunaan peralatan tepat, inspeksi berkelanjutan, dan jika diperlukan dilakukan tindakan perbaikan (Parhusip & Pd, 2023).

CPO dianggap baik jika terpenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Standar mutu pada CPO meliputi kadar asam lemak bebas, kadar air, dan kadar pengotor. Baku mutu minyak sawit mentah (CPO) menurut SNI 01-2901-2006 yaitu, kadar asam lemak bebas 5,00%, kadar air 0,25% dan kadar kotoran 0,25% (*Analisa ALB Kernel*, n.d.).

Minyak sawit mentah (CPO) berkualitas tinggi memiliki kandungan asam lemak bebas rendah karena menunjukkan minimnya hidrolisis dalam minyak (Lestari et al., 2019). Kemudian memiliki kadar air rendah karena tahan lama dan tidak mudah rusak. Air yang berlebihan dalam proses hidrolisis meningkatkan asam lemak bebas (Rasyid et al., 2022). Selanjutnya tingkat Pengotor minimal, pengotor merupakan zat yang tidak larut dalam minyak dan dapat mencemari CPO. CPO berkualitas tinggi memiliki tingkat pengotor yang minimal, seperti besi, tembaga, dan kuningan. Logam-logam ini dapat mempercepat oksidasi, menyebabkan perubahan warna, bau, dan rasa tidak sedap.

Pada penelitian (Gratia et al., 2021) ditemukan bahwa nilai FFA dan kadar air berada diluar batas kendali dan nilai kemampuan kadar air bernilai negatif dengan nol.

PT. Perkebunan Sumatera Utara (Perseroda) adalah salah satu Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) Provinsi Sumatera Utara. Kegiatan operasi perusahaan ini berkaitan dengan sektor hortikultura dan pertanian dengan budidaya tanaman kelapa sawit.

PT. Perkebunan Sumatera Utara (Perseroda) juga memiliki pabrik kelapa sawit yang didirikan pada tahun 2003 di Tanjung Kasau dengan kapasitas 20 ton TBS per jam.

Standar mutu CPO perusahaan adalah kadar asam lemak bebas 5,00%, kadar air 0,45% dan kadar kotoran adalah 0,05%. Apabila kualitas CPO melebihi standar ambang batas, hal tersebut dinyatakan *out of specification* atau *out spec*.

Berdasarkan data hasil kualitas produksi CPO di PT.PSU PKS Tanjung Kasau pada bulan Januari-Februari 2024 masih terdapat beberapa hasil produksi melebihi standar parameter mutu. Beberapa faktor menurut (Rantawi et al., 2017), yang mempengaruhi buruknya kualitas minyak sawit yaitu terkait dengan sifat pohon induk, penanganan pascapanen, atau kesalahan dalam pengolahan dan pengangkutan. Berikut ini merupakan data produksi CPO yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Data Produksi CPO

Tanggal	Rata-rata Kadar ALB	Rata-rata Kadar Air	Rata-rata Kadar Kotoran
3 Januari 2024	2,66	0,42	0,040
6 Januari 2024	2,94	0,44	0,040
9 Januari 2024	3,57	0,41	0,025
11 Januari 2024	3,88	0,39	0,038
15 Januari 2024	3,67	0,42	0,035
18 Januari 2024	3,18	0,38	0,047
20 Januari 2024	4,20	0,42	0,042
23 Januari 2024	4,61	0,43	0,044
29 Januari 2024	4,05	0,43	0,037
31 Januari 2024	3,26	0,42	0,041

Menurut (Timotius Tarigan, Bambang, PS, 2022), faktor penyebab tingginya kadar FFA dan tingginya kadar air adalah faktor mekanis yaitu faktor performa mekanis, temperatur stasiun-stasiun dan mesin yang kurang optimal juga sudah cukup tua. Faktor bahan yaitu daging buah sawit rusak, TBS dibawah standar baik belum menghasilkan maupun terlalu matang, jika TBS disimpan terlalu lama, apabila TBS terkena hujan pada saat pengiriman ke pabrik. Kemudian faktor manusia yaitu kelelahan, kondisi kerja yang melelahkan dimana kebisingan mesin yang keras dan waktu siklus yang lama dapat menyebabkan operator kelelahan, sehingga meningkatkan risiko kesalahan. Selanjutnya pada faktor metode, metode perebusan akan kurang optimal, lamanya penyimpanan CPO dapat menurunkan kualitasnya, pemisahan gravitasi air di stasiun klarifikasi tidak optimal, sehingga masih banyak air yang tercampur dalam CPO, harga jual minyak sawit mentah juga akan lebih rendah. Suatu studi metodologis dilaksanakan untuk mengatasi masalah *Six Sigma* dan metode *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve* and *Control* (DMAIC).

Menurut (Sirine et al., 2019) *Six Sigma* adalah konsep statistik yang menggambarkan proses terkait kesalahan pada tingkat (*Six*) *Sigma* yaitu hanya ada 3,4 cacat dari 1 juta kemungkinan. Menurut (Syukron, A, 2017), Para pakar *Six Sigma* menjelaskan bahwa proses jarang terpusat sempurna, melainkan berfluktuasi di sekitar target dengan toleransi 1,5 *Sigma*. Nilai 3,4 *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) pada *Six Sigma* didasarkan pada asumsi batas spesifikasi 6 standar deviasi dari target dan variasi proses hingga 1,5 *Sigma*. Menurut (Aliyya Rizqi Amani & Wahyudin, 2024) *Six Sigma* memiliki langkah penerapan yaitu berupa DMAIC yang merupakan *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control.*

Berikut ini merupakan peluang kesalahan dan presentasi item tanpa cacat dalam level *sigma* dapat dilihat ada tabel 2.

Tabel 2 Level *Sigma*

Level *Sigma*	DPMO (*defect* permillion opportunity)	Yield (probabilitas tanpa cacat %)	Keterangan
1 *Sigma*	690.000	30,9	Sangat tidak kompetitif
2 *Sigma*	308.000	69,2	Rata-rata industri Indonesia
3 *Sigma*	66.800	93,3	
4 *Sigma*	6.210	99,4	Rata-rata industri USA
5 *Sigma*	320	99,98	
6 *Sigma*	3.4	99,9997	Industri kelas dunia

Sumber : Syukron.A, 2017

Berikut adalah beberapa contoh alat *Six Sigma* yang umum digunakan:

1. Diagram SIPOC, yaitu berfungsi untuk memahami proyek dengan mengidentifikasi elemen-elemen yang terlibat dalam proses produksi (Lestari & Purwatmini, 2021).
2. *Critical-to-Quality* (CTQ) yaitu elemen kunci dalam memenuhi ekspektasi pelanggan dan diprioritaskan berdasarkan persyaratan produk dan layanan yang mereka sampaikan.
3. Peta $\overline{X}$ dan R yang berfungsi untuk dapat mengetahui apakah proses produksi dalam kondisi normal atau mulai menunjukkan tanda-tanda penyimpangan.
4. *Capability Process* merupakan metrik penting untuk meningkatkan kualitas produk, penting untuk

mengevaluasi efektivitas proses dalam memenuhi standar kualitas produk. Semakin tinggi nilai Cpk, semakin baik pula kinerja proses dan semakin kecil kemungkinan produk cacat.

5. Diagram Sebab Akibat/ *Fishbone Diagram* yang berfungsi membantu mengidentifikasi kemungkinan penyebab suatu masalah, sehingga data dan analisis lebih lanjut dapat dilakukan secara terstruktur (Evan, J.R, 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk nenentukan tingkat mutu dari produk *Crude Palm Oil* (CPO) yang diproduksi oleh PT.PSU PKS Tanjung Kasau dengan diterapkan metodologi *Six Sigma* untuk menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan buruknya kualitas CPO pada PT.PSU PKS Tanjung Kasau dan memberikan rekomendasi atau usulan tindakan perbaikan yang menjadi penyebab menurunnya tingkat mutu produk.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. PSU PKS Tanjung Kasau. Penelitian ini berlangsung selama 1 bulan.

Penelitian ini termasuk penelitian sebab akibat (pendekatan kausalitas), di mana fokusnya adalah untuk mencari hubungan kausalitas antara variabel. Penelitian ini dilakukan dengan mengamati efek yang terjadi dan menelusuri kemungkinan faktor-faktor yang menjadi penyebabnya.

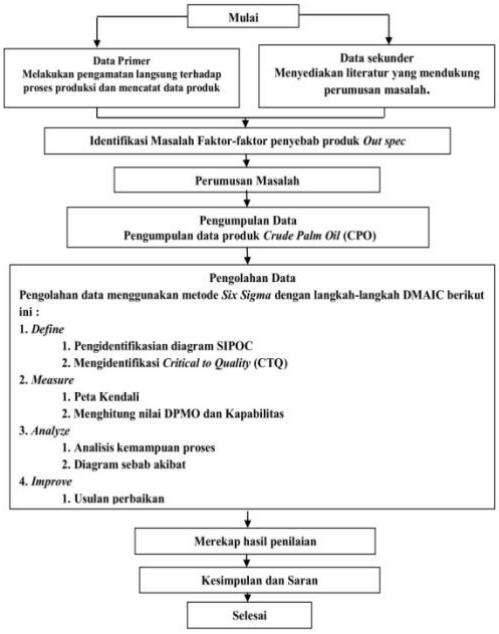
Berikut ini dua metode pengumpulan data penelitian ini:

1. Data Primer, yaitu pengamatan langsung pada proses produksi serta pencatatan data produk.
2. Data Sekunder, yaitu literatur pendukung rumusan masalah.

Pengolahan data ini menggunakan metode *Six Sigma* langkah-langkah DMAIC sebagai berikut menyediakan literatur yang mendukung perumusan masalah:

1. Tahap *Define* yaitu pengidentifikasian diagram SIPOC dan mengidentifikasi *Critical to Quality* (CTQ)
2. Tahap *Measure* yaitu membuat peta kendali dan menghitung nilai DPMO dan Kapabilitas
3. Tahap *Analyze* yaitu analisis kemampuan proses dan membuat diagram sebab akibat.
4. Tahap *Improve* yaitu membuat usulan perbaikan.
5. Tahap *Control* yaitu tahap dilakukan penarikan kesimpulan.

Flowchart dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian
Sumber: (Penulis, 2024)

Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan adalah data hasil analisis mutu CPO pada bulan Januari-Februari 2024.

Tahapan *Six Sigma*

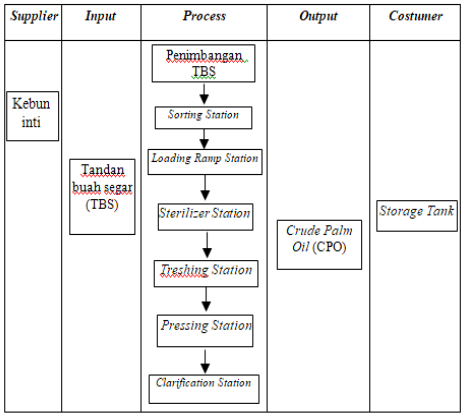
1. Tahap *Define*

Di tahap ini, sebuah peta proses produksi digambarkan dengan jelas melalui diagram SIPOC (pemasok-masukan-proses-keluaran-pelanggan). Observasi menyeluruh dilakukan untuk mengidentifikasi titik-titik kritis dalam perusahaan yang berpotensi menghasilkan cacat produk. Titik-titik kritis ini yang dikenal sebagai *Critical to Quality* (CTQ) menjadi fokus utama

dalam upaya peningkatan kualitas selanjutnya.

Diagram SIPOC

Diagram SIPOC berguna sebagai informasi proses dari perusahaan yang dimulai dari *Supplier-input-proses-output-customer*. Diagram SIPOC Pada PT.PSU Tanjung Kasau dapat dilihat dari gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram SIPOC
Sumber: (Penulis, 2024)

Penjelasan SIPOC PT.PSU PKS Tanjung Kasau:

1. *Supplier* yaitu kebun inti PT.PSU PKS Tanjung Kasau.
2. *Input* yaitu tandan buah segar (TBS) yang berasal dari kebun inti.
3. *Process* yaitu PT.PSU PKS Tanjung Kasau menerapkan sistem produksi *make-to-stock*, produk diolah secara berkelanjutan untuk memenuhi stok. Mulai dari penimbangan, penyortiran buah, buah yang sesuai kriteria akan masuk ke *loading ramp*, kemudian proses perebusan (*sterilizer station*). Yang mempengaruhi proses perebusan yaitu tekanan *steam* perebusan, total waktu perebusan dan temperatur *steam*. Lalu proses *threshing station* bertujuan memisahkan semua buah dari tandannya. Setelah itu, ke *pressing station* yang berfungsi untuk mengeluarkan minyak kasar (*crude*) dari daging buah dengan cara mengepres daging buah. Selanjutnya ke *clarification station*. Setelah itu akan dihasilkan *Crude Palm Oil* (CPO).
4. *Output* yaitu produk *Crude Palm Oil* (CPO).
5. *Costumer* merupakan *output* yang dihasilkan akan dikirim ke *costumer*.

Mengidentifikasi CTQ (*Critical to Quality)*

Critical to Quality (CTQ), merupakan faktor penentu kepuasan pelanggan. Menurut (Syaifullah, A., 2021), dalam penelitian ini diperoleh faktor-faktor untuk menghasilkan CPO yang sesuai standar kualitas pada PT.PSU PKS Tanjung Kasau yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 *Critical to Quality* (CTQ) Produk CPO

CTQ	Parameter	Spesifikasi	Deskripsi
CTQ – 1	Kadar Asam Lemak Bebas/ FFA	FFA <5,00%	Kadar FFA sebagai faktor utama yang mempengaruhi tingginya kualitas CPO. Dimana tingginya kadar FFA berarti menurunnya kualitas CPO dikarenakan tingginya kadar FFA dapat mengakibatkan bau tengik pada minyak yang disebabkan adanya reaksi hidrolisis pada minyak. Apabila CPO yang dihasilkan melebihi standar kualitas atau *out of spesification (outspec)*, maka perusahaan tidak dapat menjual CPO tersebut dan menjadi penyebab kerugian bagi perusahaan.
CTQ – 2	Kadar Air/ *Moisture*	*Moisture*<0,45%	Kadar air dapat mempengaruhi mutu CPO, kadar air semakin tinggi, maka

			kualitas CPO semakin rendah dapat menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis sehingga mengubah minyak menjadi asam lemak bebas.
CTQ – 3	Kadar Pengotor/ *Impurities*	*Impurities* <0,05%	Kadar zat pengotor merupakan bahan yang tak larut dalam minyak yang mempengaruhi dari kualitas CPO dalam jumlah banyak.

Sumber: Laboratorium PT.PSU PKS Tanjung Kasau

2. Tahap *Measure*

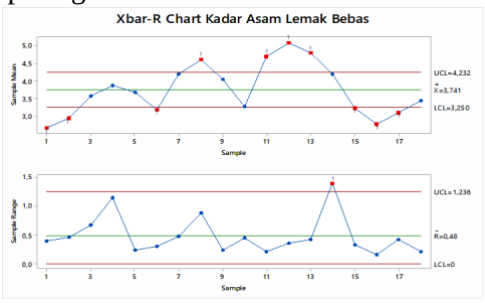
Pada tahapan ini pengukuran pada nilai DPMO *(Defect Per Million Opportunities)* dan diperoleh nilai *Sigma* yang dihitung. Penelitian ini mengukur kinerja proses produksi CPO di PT PSU PKS Tanjung Kasau dengan menghitung nilai kapabilitas proses untuk setiap CTQ atau parameter kualitas yang teridentifikasi yaitu, kadar asam lemak bebas/ FFA, kadar air/ *moisture* dan kadar kotoran/ *impurities*.

Peta Kendali

Merupakan alat bantu untuk menemukan asal mula keragaman dan menilai keadaan mutu suatu proses secara statistik (Aini & Sukanta, 2024). Maka, permasalahan dapat diurai dan kualitas pun dapat ditingkatkan.

1. Kadar Asam Lemak Bebas (FFA)

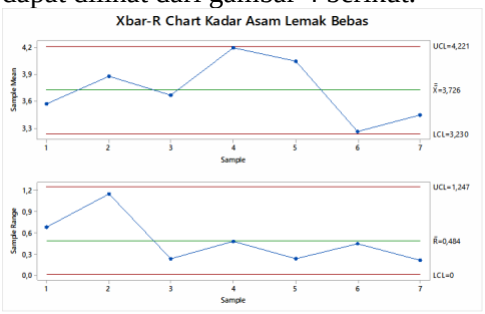
Berikut adalah Peta $\bar{X}$ dan R untuk Kadar Asam Lemak Bebas yang dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Peta $\bar{X}$ dan R Kadar Asam Lemak Bebas
Sumber: (Penulis, 2024)

Berdasarkan gambar tersebut pada peta kendali $\bar{X}$ terdapat sampel 10 berada di luar batas kendali (*Out of Control*) dan di grafik R mempunyai satu sampel di luar batas kendali yaitu data nomor 14.

Oleh sebab itu harus dilakukan revisi untuk menghilangkan data-data yang berada diluar batas kontrol. Hasil revisi data pada kadar asam lemak bebas dapat dilihat dari gambar 4 berikut.

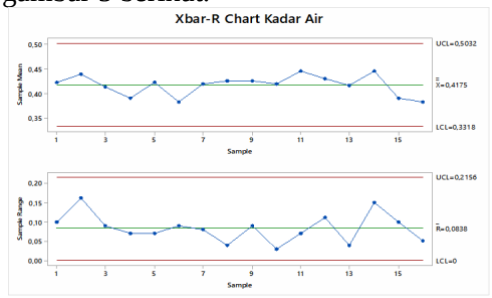


Gambar 4. Revisi Peta $\bar{X}$ dan R Kadar Asam Lemak Bebas
Sumber: (Penulis, 2024)

Analisis grafik menunjukkan bahwa semua data berada di dalam batas kendali. Hal ini mengindikasikan bahwa proses tersebut terkendali secara statistik.

2. Kadar Air

Berikut adalah Peta $\bar{X}$ dan R untuk kadar air yang dapat dilihat pada gambar 5 berikut.

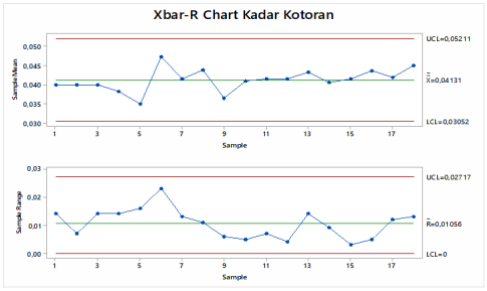


Gambar 5. Peta $\bar{X}$ dan R Kadar Air
Sumber: (Penulis, 2024)

Berdasarkan gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa pada peta $\bar{X}$ dan R semua sampel berada didalam batas kontrol.

3. Kadar Kotoran

Berikut adalah peta $\bar{X}$ dan R untuk kadar kotoran yang dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Peta $\bar{X}$ dan R Kadar Kotoran
Sumber: (Penulis, 2024)

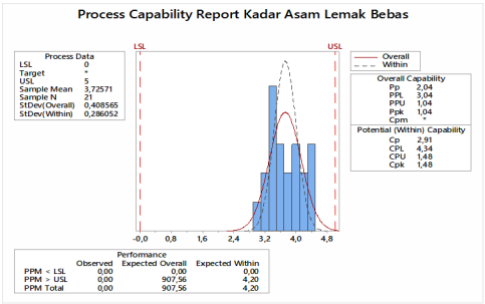
Berdasarkan gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa pada peta $\bar{X}$ dan R semua sampel berada didalam batas kontrol.

Capability Process

Persyaratan spesifikasi produk menunjukan apakah suatu proses dapat dihasilkan spesifikasi yang dapat diinginkan dan juga dapat membantu dalam pengembangan produksi (Melgandri & Chairani, 2022).

1. *Capability Process* Kadar Asam Lemak Bebas

Berikut adalah kapabilitas proses pada kadar asam lemak bebas yang dapat dilihat pada gambar 7 berikut.

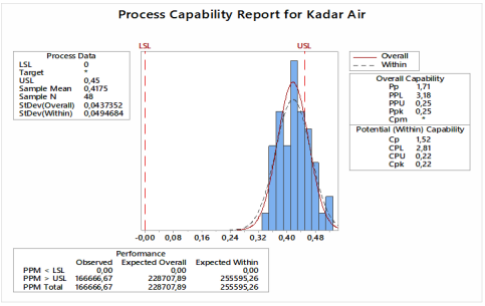


Gambar 7. Kapabilitas Proses Kadar Asam Lemak Bebas
Sumber: (Penulis, 2024)

Berdasarkan gambar 7 Diperoleh nilai Cpk sebesar 1,48, hal ini berarti jika nilai Cpk> 1, berarti kapabilitas proses dapat disebut sudah baik (*capable*) dan proses produksinya sudah menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi.

2. *Capability Process* Kadar Air

Berikut adalah kapabilitas proses pada kadar air yang dapat dilihat pada gambar 8 berikut.

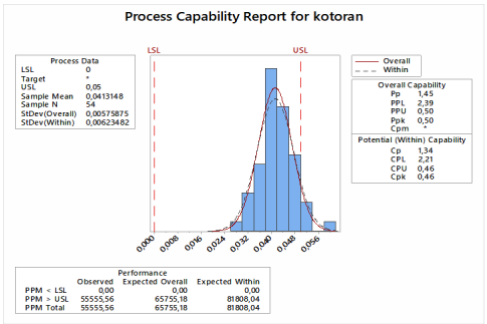


Gambar 8. Kapabilitas Proses Kadar Air
Sumber: (Penulis, 2024)

Berdasarkan gambar 8 diperoleh nilai Cpk sebesar 0,19, yang berarti jika nilai Cpk<1 maka, kapabilitas proses dapat dikatakan buruk (*noncapable*) atau proses produksi produk masih dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi.

3. *Capability Process* Kadar Kotoran

Berikut adalah kapabilitas proses pada kadar kotoran yang dapat dilihat pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. Kapabilitas Proses Kadar Kotoran
Sumber: (Penulis, 2024)

Berdasarkan gambar 9 diperoleh nilai Cpk sebesar 0,46, hal ini berarti jika nilai Cpk< 1 maka, kapabilitas proses dapat dikatakan buruk (*noncapable*) atau pada proses produksi produk masih yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi.

Pengukuran Nilai *Sigma*

Pengukuran nilai *Sigma* ini dapat dilakukan berdasarkan *Critical to Quality* yang telah ditentukan. *Critical to Quality* (CTQ) pada produk CPO yang

dihasilkan di PT.PSU PKS Tanjung Kasau adalah kadar asam lemak bebas, kadar air dan kadar kotoran. Rumus mencari nilai DPMO yaitu:

DPM $=p\{Z \geq \frac{USL-Sampel\ Mean}{Stdev}\}x10^6+p\{Z \leq \frac{Sampel\ Mean-LSL}{Stdev}\}$

A. Kadar Asam Lemak Bebas/FFA

a. Nilai DPMO

- *Part Per Million Defect* (PPM) *Overall Performance*
  $= p\{Z \geq \frac{5-3,73}{0,408}\}x10^6+p\{Z \leq \frac{3,73-0}{0,408}\}$
  $= p\{Z \geq 3,11\} \times 10^6 + p\{Z \leq 9,14\}$
  $= \{1-(0,9452)\}x\ 10^6 +0$
  = 54.500
- *Part Per Million Defect* (PPM) *Within Performance*
  $= p\{Z \geq \frac{5-3,73}{0,286}\} \times 10^6 + p\{Z \leq \frac{3,73-0}{0,286}\}$
  $= p\{Z \geq 4,44\} \times 10^6 + p\{Z \leq 13,04\}$
  $= \{1-(0,99841113)\}x\ 10^6 +0$
  = 1.588,87

b. Total DPMO
= *PPM Overall + PPM Within*
= 54.500 + 1.588,87
= 56.088,87

B. Kadar Air

a. Nilai DPMO

- *Part Per Million Defect* (PPM) *Within Performance*
  $=p\{Z \geq \frac{0,45-0,42}{0,044}\}x10^6+ p\{Z \leq \frac{0,42-0}{0,044}\}$
  $= p\{Z \geq 0,68\} \times 10^6 + p\{Z \leq 9,54\}$
  $= \{1-(0,7088)\}x\ 10^6 +0$
  = 291.200
- *Part Per Million Defect* (PPM) *Within Performance*
  $=p\{Z \geq \frac{0,45-0,42}{0,047}\}x10^6+ p\{Z \leq \frac{0,42-0}{0,047}\}$
  $= p\{Z \geq 0,64\} \times 10^6 + p\{Z \leq 8,93\}$
  $= \{1-(0,6736)\}x\ 10^6 +0$
  = 326.400

b. Total DPMO
= *PPM Overall + PPM Within*
=291.200 + 326.400
=617.600

C. Kadar Kotoran

a. Nilai DPMO

- *Part Per Million Defect* (PPM) *Within Performance*
  $=p\{Z \geq \frac{0,05-0,041}{0,0057}\}x10^6+ p\{Z \leq \frac{0,041-0}{0,0057}\}$
  $= p\{Z \geq 1,58\} \times 10^6 + p\{Z \leq 7,19\}$
  $= \{1-(0,999422975)\}x\ 10^6 +0$
  = 577,02
- *Part Per Million Defect* (PPM) *Within Performance*
  $=p\{Z \geq \frac{0,05-0,041}{0,0062}\}x10^6+ p\{Z \leq \frac{0,041-0}{0,0062}\}$
  $= p\{Z \geq 1,45\} \times 10^6 + p\{Z \leq 6,61\}$
  $= \{1-(0,99781404)\}x\ 10^6 +0$
  = 2.185,96

b. Total DPMO
= *PPM Overall + PPM Within*
= 577,02 + 2.185,96
= 2.762,98

D. Nilai total DPMO
= Nilai DPMO Kadar ALB + Nilai DPMO Kadar Air + Nilai DPMO Kadar Kotoran
= 56.088,87 + 617.600 + 2.762,98
= 676.451,85

E. Nilai *Sigma*

Nilai *Sigma* dihitung dengan menggunakan *microsoft excel*.

Nilai *Sigma*= $Normsinv\left(\frac{10^6-676.451,85}{10^6}\right) + 1,5$
= 1,04

Hasil DPMO untuk kadar asam lemak bebas, kadar air dan kadar kotoran dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4 Perhitungan Nilai *Sigma*

Critical to Quality	**DPMO**	***Sigma***
Kadar Asam Lemak Bebas /FFA	56.088,87	3,09
Kadar Air / *Moisture*	617.600	1,20
Kadar Kotoran / *Impurities*	2.762,98	4,27
Total	**676.451,85**	**1,04**

Berdasarkan tabel 4 diperoleh nilai *Sigma* 1,04 atau bisa dikatakan sama dengan 1 *Sigma* yang berarti PT.PSU PKS Tanjung Kasau berada pada posisi sangat tidak kompetitif.

Tahap *Analyze*

Tahap *Analyze* (analisis) yaitu tahap mengidentifikasi tingkat cacat pada setiap CTQ (*Critical to Quality*) menggunakan *Pareto Diagram*. Alat ini membantu memvisualisasikan persentase cacat pada setiap kategori, sehingga memudahkan dalam menentukan fokus perbaikan. Selanjutnya, *Fishbone Diagram* akan digunakan untuk

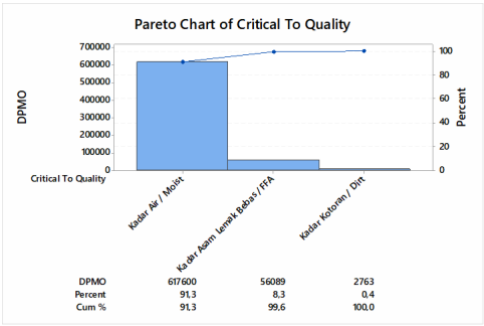
menganalisis akar permasalahan secara mendalam.

Pareto Diagram

Bagan *Pareto* dibuat berdasarkan hasil perhitungan DPMO (Cacat Per Juta Operasi) untuk setiap CTQ (*Critical to Quality*). Berikut merupakan *pareto diagram* yang diperoleh.

Tabel 5 *Pareto Diagram* CPO Pada PT.PSU Tanjung Kasau

Critical to Quality	DPMO	Frequensi Kumulatif DPMO	Presentase Frekuensi DPMO
Kadar Air / *Moisture*	617.600	617.600	91,3%
Kadar Asam Lemak Bebas /FFA	56.088,87	673.688,87	8,3%
Kadar Kotoran / *Impurities*	2.762,98	676.451,85	0,4%
Total	**676.451,85**		**100%**



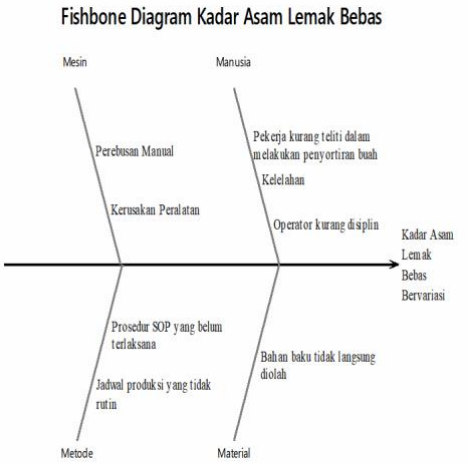
Gambar 10. *Pareto Diagram*
Sumber: (Penulis, 2024)

Berdasarkan gambar 10 diperoleh jenis *defect* CPO terdiri dari kadar asam lemak bebas, kadar air serta kadar kotoran. Dimana *defect* tertinggi adalah pada kadar air yaitu 91,3% kemudian *defect* yang lain adalah kadar asam lemak bebas sebesar 8,3% dan kadar kotoran sebesar 0,4%. Sesudah mengetahui jenis *defect* kemudian dilakukan analisis menyebabkan terjadinya *defect* tersebut menggunakan diagram sebab akibat atau *fishbone diagram.*

Diagram Sebab Akibat

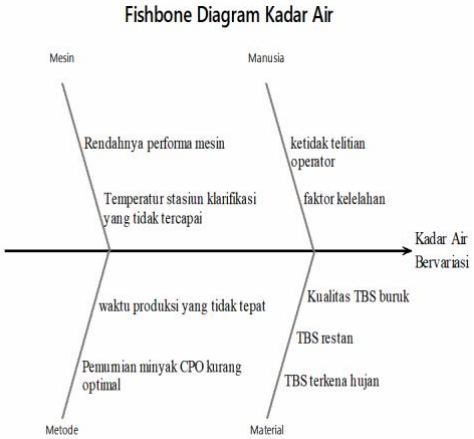
Fishbone Diagram atau sebab akibat ialah digunakan untuk menentukan penyebab buruknya kualitas CPO. Data yang digunakan hasil diskusi atau wawancara langsung yang pada bagian produksi di PT.PSU PKS Tanjung Kasau. *Fishbone Diagram* disusun ke dalam faktor manusia, *material*, mesin dan metode. Berikut adalah faktor yang mempengaruhi mutu dari produksi CPO.

1. *Fishbone Diagram* Kadar Asam Lemak Bebas bervariasi



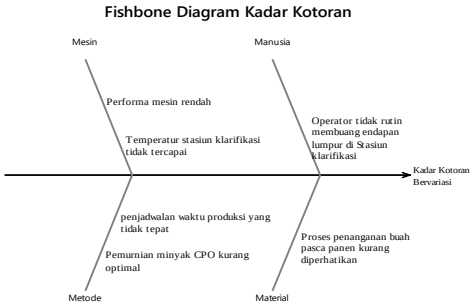
Gambar 11. Fishbone kadar ALB
Sumber: (Penulis, 2024)

2. *Fishbone Diagram* Kadar Air bervariasi



Gambar 12. Fishbone kadar air
Sumber: (Penulis, 2024)

3. *Fishbone Diagram* Kadar Kotoran

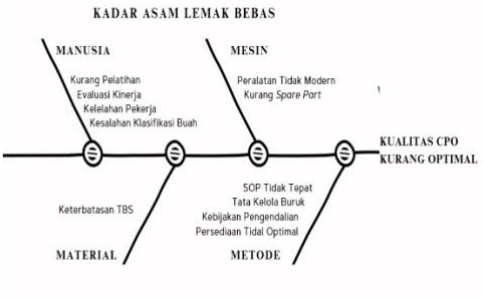


Gambar 13. Fishbone Kadar Kotoran
Sumber: (Penulis,2024)

Tahap *Improve*

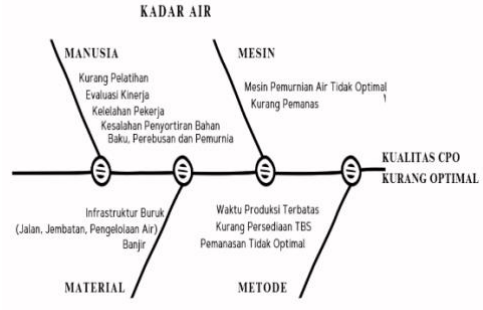
Tahap *Improve* bertujuan untuk menyusun rencana-rencana perbaikan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan solusi yang tepat dan efektif bagi perusahaan dalam pengurangan tingkat cacat pada setiap proses produksi *Crude Palm Oil* (CPO). Berikut adalah faktor yang mempengaruhi kualitas CPO kurang optimal.

1. *Fishbone Diagram* Kadar Asam Lemak Bebas



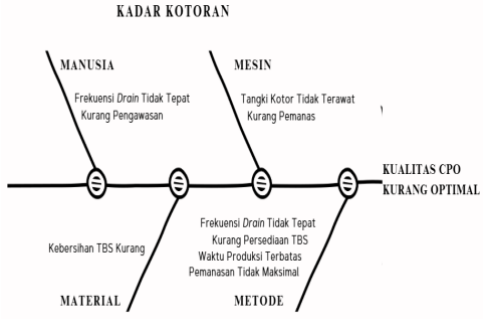
Gambar 14. Fishbone Improve Kadar Asam Lemak Bebas
Sumber: (Penulis,2024)

2. *Fishbone Diagram* Kadar Air



Gambar 15. Fishbone Improve kadar air
Sumber: (Penulis, 2024)

3. *Fishbone Diagram* Kadar Kotoran



Gambar 16. Fishbone Improve Kadar Kotoran
Sumber: (Penulis,2024)

Berikut merupakan tabel rekomendasi pada tabel 6.

Tabel 6. Tabel Rekomendasi

Faktor	Saran Perbaikan	Tujuan
Manusia	Pelatihan dan evaluasi efektivitas kerja pekerja. Pemberian waktu istirahat yang cukup bagi operator.	Meminimalkan menghilangkan kesalahan kerja. Mengurangi kelelahan kerja dan meningkatkan ketelitian dalam menjalankan prosedur.
Material	Peningkatan jumlah pasokan TBS dari perkebunan induk, rakyat/kelompok tani, dan pengepul. Pengelolaan infrastruktur (jalan, jembatan, dan pengelolaan air) untuk mencegah hambatan mobilisasi TBS akibat banjir.	Memenuhi kapasitas produksi. Memastikan kelancaran pasokan bahan baku ke pabrik.
Mesin	Penggantian peralatan dengan teknologi modern. Pemantauan dan perawatan mesin secara berkala. Penambahan alat pemanas pada tangki-tangki klarifikasi.	Memastikan sistem perebusan sesuai ketentuan. Memaksimalkan pemurnian minyak CPO. Memastikan suhu yang optimal tercapai dalam proses klarifikasi.
Metode	Perbaikan dan penerapan SOP yang lebih tepat. Peningkatan pasokan bahan baku TBS untuk memperpanjang waktu produksi, pemanasan, dan pemurnian minyak.	Meningkatkan tata kelola perusahaan. Memaksimalkan waktu pemanasan dan pemurnian minyak.

Tahap *Control*

Tahap ini berbasis *Six Sigma* berfokus pada pendokumentasian serta penyebaran tindakan yang diambil:

1. Kontrol pengawasan bahan baku tandan buah segar (TBS), dimulai dari buah setelah dipanen, pada saat penimbangan dan penyortiran sebelum ke *loading ramp*.
2. Pengecekan apabila bahan baku tidak sesuai dengan kriteria perusahaan inginkan untuk diproduksi.
3. Pengecekan secara berkala hasil produksi yaitu *Crude Palm Oil* (CPO).

4. Pelaporan hasil produksi yang *out spec* untuk dilakukan perbaikan.
5. Perawatan serta perbaikan mesin berkala.
6. Pengawasan kepada pekerja pada saat proses produksi.

Kesimpulan

Pada penelitian ini disimpulkan, berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data, nilai DPMO produk minyak sawit mentah (CPO) PT PSU PKS Tanjung Kasau sebesar 676.451,85 dengan level *sigma* adalah 1,04. Berdasarkan analisis yang dilakukan, diperoleh penurunan kualitas CPO dipengaruhi oleh kadar air sebesar 91,3%, kadar asam lemak bebas sebesar 8,3%, kadar kotoran sebesar 0,4%. Kadar air yang tinggi bisa menyebabkan reaksi hidrolisis dapat mengubah minyak menjadi asam lemak bebas. Ketika konsentrasi asam lemak bebas dalam CPO meningkat, minyak CPO teroksidasi, menyebabkan perubahan rasa dan warna. Penurunan kualitas disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya faktor manusia, dimana dalam proses produksi terdapat pekerja yang lalai, kurang disiplin, dan tidak menaati SOP. Faktor material atau bahan baku, dimana kualitas TBS sangat mempengaruhi kualitas CPO yang akan dihasilkan. Faktor mekanis dan kinerja mesin yang kurang optimal akan menyebabkan tidak dapat diperolehnya produk yang memenuhi persyaratan teknis. Faktor metode harus sesuai dengan SOP, dimana apabila metode yang digunakan tidak tepat maka akan mempengaruhi kualitas hasil produksi.

Beberapa saran perbaikan bisa dilakukan untuk meningkatkan kualitas CPO. Saran perbaikan untuk meningkatkan kualitas CPO dikelompokkan berdasarkan faktor penyebab yaitu manusia (SDM), pelatihan dan evaluasi kinerja dapat meningkatkan kemampuan dan mengurangi kesalahan kerja, waktu istirahat yang cukup dapat mencegah kelelahan dan meningkatkan ketelitian. Material (bahan baku), penambahan pasokan TBS dapat memenuhi kebutuhan produksi dengan menambah pasokan dari berbagai sumber (perkebunan induk, petani, pengepul), pengelolaan infrastruktur dapat memastikan kelancaran pengangkutan TBS ke pabrik dengan memperbaiki jalan, jembatan dan sistem *drainase* untuk mencegah banjir. Mesin (peralatan), modernisasi peralatan dapat mengganti peralatan dengan teknologi yang lebih canggih agar proses perebusan TBS sesuai standar, perawatan berkala dapat memastikan mesin berfungsi optimal dan meminimalkan kerusakan, penambahan alat pemanas pada tangki klarifikasi dapat memastikan suhu yang tepat untuk proses pemurnian. Metode (prosedur), perbaikan dan penerapan SOP dapat meningkatkan tata kelola perusahaan dengan prosedur yang lebih efektif, optimasi pasokan TBS dapat memastikan ketersediaan bahan baku yang cukup untuk memaksimalkan waktu produksi, pemanasan, dan pemurnian.

DaftarPustaka

Aini, L. Q., & Sukanta, S. (2024). Pengendalian Kualitas Produk Arummanis dengan Peta Kendali P dan Diagram Fishbone di UMKM Arummanis AT. *Industrika : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *8*(3), 527–535. https://doi.org/10.37090/indstrk.v8i3.1414

Aliyya Rizqi Amani, & Wahyudin, W. (2024). Pengendalian Kualitas Produk Part Grip Model D55L Dengan Pendekatan Six Sigma Di PT.Z. *Industrika : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *8*(2), 205–217. https://doi.org/10.37090/indstrk.v8i2.1194

Analisa ALB kernel. (n.d.).

Dalam, A. (2016). *KELAPA SAWIT PT . BIMA PALMA NUGRAHA Burhanudin Al Ghozali Universitas Brawijaya Prof . Dr . Surachman . SE ., MSIE Kelapa sawit dengan produk turunannya yaitu minyak kelapa sawit (Crude Palm Oil - CPO) merupakan salah satu komoditas unggulan ekspor non*. *April*.

Gratia, T., Tarigan, R., Sukarsono, B. P., Industri, D. T., Teknik, F., Diponegoro, U., Soedarto, J. P., & Tembalang, K. U. (2021). *PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK CRUDE PALM OIL (CPO) DENGAN METODE SIX SIGMA (Studi Kasus PT Supra Matra Abadi)*.

Hartini, S. (2021). *Buku Ajar Lean Manufacturing System* (Vol. 01).

Lestari, Y. E., Rifai, A., & Muwardi, D. (2019). Analisis Produktivitas Pengolahan Minyak Kelapa Sawit denganMetode Marvin E. Mundel. *Journal of Agribusiness and Community Empowerment (JACE)*, *2*(2).

Melgandri, S., & Chairani, L. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Pada Proses Produksi Reinf Rr No.1 Seat Leg Rr Di Pt Xx. *Industrika : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *6*(2), 77–85. https://doi.org/10.37090/indstrk.v6i2.653

Napitu, T. H., Harahap, U. N., & Suratman, J. (2022). Pengendalian kualitas produk pulp dengan menggunakan metode Kaizen di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. *Jurnal VORTEKS*, *3*(1). https://doi.org/10.54123/vorteks.v3i1.155

Padang, I. (2019). *Analisa Pengendalian Kualitas Crude Palm Oil (Cpo) Dengan Metode Six Sigma Pada Pt Tales Inti Sawit-Bangun Purba*\. 1–91.

Parhusip, B. R., & Pd, M. (2023). *Quality Control Pedoman Penjaminan Mutu dan Pengendalian Mutu*. 1–146. https://repository.penerbiteureka.com/media/publications/560791-quality-control-pedoman-penjaminan-mutu-6a573ec8.pdf

Rantawi, A. B., Mahfud, A., & Situmorang, E. R. (2017). Industrial Management Korelasi Antara Kadar Air pada Kernel Terhadap Mutu Kadar Asam Lemak Bebas Produk Palm Kernel Oil Yang Dihasilkan (Studi Kasus pada PT XYZ). In *Industrial Engineering Journal* (Vol. 6, Issue 1).

Rasyid, M. I., Swandika, D., & Nurhidayatullah, N. (2022). Analisa Mutu Crude Palm Oil (CPO) Pada Storage Tank Di PT. Socfin Indonesia Kebun Seunagan. *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*, *4*(2), 40. https://doi.org/10.35308/jtpp.v4i2.6336

Sirine, H., Kurniawati, E. P., Pengajar, S., Ekonomika, F., Bisnis, D., & Salatiga, U. (2019). Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus Pada PT Diras Concept Sukoharjo). *AJIE-Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, *02*(03), 2477–3824. http://www.dirasfurniture.com

Syaifullah, A., M. (2021). *Penerapan Pengendalian Kualitas Produksi Crude Palm Oil (Cpo) Dengan Metode Six Sigma Pada Pt Perkebunan Nusantara XIV Di Luwu Timur*.

Syukron, A., & Kholil, M. (2012). *Six Sigma Quality for Bussines Improvement* (pp. 1–261). http://repository.unugha.ac.id/id/eprint/874