

PENGENDALIAN KUALITAS *CRUDE PALM OIL (CPO)* MENGUNAKAN METODE *STATISTICAL QUALITY (SQC)*

Josua Alexander Gultom¹, Windo Sinurat², Manaor Silitonga³

^{1, 2, 3}Akademi Teknik Deli Serdang

Email: josuaalexandergultom@gmail.com

ABSTRAK

Industri minyak kelapa sawit Indonesia menghadapi tantangan kualitas yang signifikan, khususnya dalam mempertahankan standar Crude Palm Oil (CPO) sesuai SNI-01-2901-2006. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengendalian kualitas CPO di PT Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC), dengan fokus pada tiga karakteristik mutu: kadar Asam Lemak Bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran. Desain penelitian kuantitatif digunakan dengan data yang dikumpulkan dari *daily laboratory report* sebanyak 50 sampel produksi Data dianalisis menggunakan check sheet, histogram, diagram Pareto, dan peta kendali $\bar{X}$ -R. Hasil menunjukkan rata-rata ALB sebesar 4,34% (melebihi standar internal perusahaan 3,50%), rata-rata kadar air sebesar 0,2526% (melebihi batas SNI 0,25% dan standar perusahaan 0,15%), dan rata-rata kadar kotoran sebesar 0,030% (melebihi standar perusahaan 0,02%). Analisis Pareto mengidentifikasi kadar air sebagai ketidaksesuaian paling sering (23 sampel, 44,23%), diikuti kadar kotoran (17 sampel, 32,69%), dan ALB (12 sampel, 23,08%). Peta kendali $\bar{X}$ -R menunjukkan seluruh karakteristik mutu berada dalam batas kendali statistik. Analisis akar masalah dengan kerangka 5W+1H mengidentifikasi faktor penyebab utama: kualitas buah saat sortasi, pemeliharaan mesin, pengendalian suhu proses, dan tingkat keterampilan operator. Temuan ini memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat ditindaklanjuti dalam manajemen produksi CPO.

Kata Kunci : *Crude Palm Oil, Statistical Quality Control*, Peta Kendali, Asam Lemak Bebas, Pengendalian

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan kontribusi lebih dari 58% terhadap produksi global tahun 2023 (GAPKI, 2023). Crude Palm Oil (CPO) menjadi komoditas strategis yang menopang devisa negara, penciptaan lapangan kerja, dan pengembangan industri hilir. Nilai ekspor produk kelapa sawit mencapai USD 22,3 miliar pada tahun 2022 (Kementerian Pertanian RI, 2023). Di tengah persaingan global yang semakin ketat, konsistensi kualitas CPO menjadi penentu daya saing industri. Kualitas yang tidak terjaga dapat memicu penurunan harga jual, peningkatan biaya pengolahan, dan hilangnya kepercayaan konsumen ekspor. Oleh karena itu, pengendalian kualitas berbasis data menjadi kebutuhan mendasar bagi setiap perusahaan pengolahan kelapa sawit (Ariani & Sugiyono, 2022).

Parameter mutu utama CPO meliputi kadar Asam Lemak Bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran (Pahan, 2022). ALB yang tinggi menurunkan rendemen refinery, kadar air yang berlebih mempercepat hidrolisis dan oksidasi, sedangkan kadar kotoran yang melebihi batas mengurangi kemurnian dan efisiensi pengolahan lanjutan (Tan et al.,

2023). SNI 01-2901-2006 menetapkan batas maksimum ALB 5,00%, kadar air 0,25%, dan kadar kotoran 0,25%. Namun banyak perusahaan menerapkan standar internal yang lebih ketat demi memenangkan pasar global, sehingga pengendalian variasi proses menjadi tantangan yang tidak mudah. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa banyak pabrik kelapa sawit masih kesulitan memenuhi standar internal akibat variasi proses yang belum terkendali secara statistik (Mufrida et al., 2022; Hartini et al., 2023). PT Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung adalah salah satu perusahaan yang menghadapi tantangan tersebut. Berdasarkan data laboratorium periode November 2022, rata-rata kadar ALB tercatat 4,34% (melebihi standar internal 3,50%), kadar air 0,2526% (melampaui standar internal 0,15% dan mendekati batas SNI), serta kadar kotoran 0,030% (di atas standar internal 0,020%). Tanpa tindakan perbaikan yang tepat, kondisi ini berpotensi meningkatkan biaya kualitas, menurunkan produktivitas, dan mengurangi daya saing produk.

Statistical Quality Control (SQC) merupakan pendekatan yang terbukti efektif untuk mendeteksi, memantau, dan mengendalikan variasi proses menggunakan alat-alat statistik seperti check sheet, histogram, diagram Pareto, fishbone, dan peta kendali. Metode ini memungkinkan perusahaan membedakan variasi akibat penyebab umum (*common causes*) dari penyebab khusus (*special causes*), sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan secara lebih tepat sasaran. Penelitian ini hadir untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui analisis simultan kadar ALB, kadar air, dan kadar kotoran menggunakan pendekatan SQC yang mengintegrasikan check sheet, histogram, diagram Pareto, peta kendali $\bar{X}$ -R, dan identifikasi penyebab dengan kerangka 5W+1H. Tujuannya adalah mengevaluasi kondisi aktual kualitas CPO, menilai kestabilan proses secara statistik, mengidentifikasi penyimpangan dominan, dan merumuskan rekomendasi perbaikan yang operasional. Secara teoritis, penelitian ini memperkaya literatur SQC pada industri kelapa sawit Indonesia; secara praktis, menjadi landasan keputusan perusahaan dalam menyusun strategi peningkatan kualitas dan pengendalian proses produksi CPO secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan desain studi kasus (*case study research*). Pendekatan kuantitatif dipilih karena data yang dikumpulkan berupa pengukuran numerik dari parameter mutu CPO yang memerlukan analisis statistik (Sugiyono, 2019). Metode analisis yang digunakan adalah Statistical Quality Control (SQC), yang merupakan pendekatan sistematis dalam pengendalian kualitas produk menggunakan alat-alat statistik untuk memonitor, mengendalikan, dan meningkatkan proses produksi (Montgomery, 2020). Alat-alat SQC yang diaplikasikan meliputi check sheet, histogram, diagram Pareto, serta peta kendali rata-rata dan rentang ($\bar{X}$ -R chart). Data sekunder berupa hasil pengujian laboratorium harian selama 30 hari operasional dianalisis dengan pengelompokan subgrup rasional berukuran lima sampel ($n = 5$).

Evaluasi kestabilan proses dilakukan menggunakan peta kendali $\bar{X}$ dan R dengan batas kendali ± 3 standar deviasi (Gultom, J. A., et al 2025). Metode yang digunakan adalah penelitian kuantitatif yang melibatkan 40 mahasiswa sebagai responden. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan pengajaran menggunakan model pembelajaran berbasis masalah selama satu semester, dan kemudian mengevaluasi motivasi belajar mahasiswa. (Gultom, J. A., et al 2024). Produk cacat berulang menyebabkan pemborosan biaya dan penurunan efisiensi produksi. Analisis kuantitatif

deskriptif digunakan sebagai alat bantu Check Sheet, Diagram Pareto, Diagram Kendali p (p-chart), dan Diagram Fishbone. Tingkat kecacatan masih di luar batas kendali (Siahaan, Eka Febriyanti, et al 2025).

2.2. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: Data Primer yang mana data pengukuran kualitas CPO yang diperoleh langsung dari *daily laboratory report* laboratorium produksi PT Multimas Nabati Asahan. Data primer mencakup nilai pengukuran kadar ALB (%), kadar air (%), dan kadar kotoran (%) dari setiap batch produksi harian. Dan data skunder data yang diperoleh dari dokumen perusahaan berupa standar mutu internal, hasil wawancara dengan operator dan supervisor produksi, serta referensi SNI-01-2901-2006 tentang standar mutu CPO.

2.3. Teknik Analisis Data

2.3.1. Check Sheet (Lembar Periksa)

Sebagai langkah awal sebelum analisis peta kendali, dilakukan analisis statistik deskriptif untuk merangkum karakteristik dasar dari data yang dikumpulkan. Parameter yang dihitung meliputi nilai rata-rata (*mean*), standar deviasi untuk mengukur penyebaran, serta nilai minimum dan maksimum untuk mengidentifikasi adanya data ekstrem (*outliers*) yang mungkin berasal dari kesalahan pengukuran. Analisis ini berfungsi untuk memberikan konteks awal mengenai profil kualitas produk sebelum diuji stabilitasnya secara kronologis melalui peta kendali.

2.3.2. Histogram

Histogram digunakan untuk memvisualisasikan distribusi data dari setiap parameter mutu, menampilkan sebaran nilai pengukuran dalam bentuk diagram batang frekuensi. Histogram memungkinkan identifikasi pola distribusi data (normal, skewed, bimodal) yang mencerminkan perilaku proses (Heizer & Render, 2013).

2.3.3. Pareto Chart

Diagram Pareto diaplikasikan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan karakteristik mutu yang paling banyak menyimpang dari spesifikasi, berdasarkan prinsip 80/20 Pareto. Diagram ini membantu manajemen dalam memprioritaskan upaya perbaikan pada masalah yang memberikan dampak terbesar (Montgomery, 2020).

2.4.3. Peta Kendali $\bar{X}$ -R (X-bar and R Chart)

Peta kendali $\bar{X}$ -R digunakan karena data yang dianalisis bersifat variabel (kontinu) dengan subgrup berukuran $n=5$ pengamatan. Peta $\bar{X}$ memantau perubahan pada kecenderungan sentral proses, sementara peta R memantau variabilitas proses dalam subgrup (Heizer & Render, 2013).

a. Menghitung Persentase Kerusakan

$$\text{Rumus: } p = \frac{np}{n} \quad (1)$$

Keterangan :

p = Persentase jumlah kerusakan

np = Jumlah gagal dalam sub grup

n = Jumlah yang diperiksa dalam sub grup

- b. Menghitung Garis Pusat / Central Line (CL)

$$\text{Rumus: } CL = p = \frac{\sum np}{\sum n} \quad (2)$$

Keterangan :

$\sum np$ = Jumlah total yang rusak

$\sum n$ = Jumlah total yang diperiksa

- c. Menghitung Batas Kendali Atas /Upper Control Limit (UCL)

$$\text{Rumus: } UCL = \sqrt{(1-p)/n} \quad (3)$$

- d. Menghitung Batas Kendali Bawah / Lower Control Limit (LCL)

$$\text{Rumus: } LCL = \sqrt{(1-p)/n} \quad (4)$$

Keterangan :

p = Rata-rata ketidaksesuaian produk.

n = Jumlah produksi.

Catatan : Jika $LCL < 0$ maka LCL dianggap = 0

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengumpulan Data dengan Check Sheet

Data kualitas CPO dikumpulkan dari *daily laboratory report* selama 50 hari pengamatan pada bulan November 2025. Tabel 3.1 merangkum statistik deskriptif dari ketiga karakteristik mutu yang diteliti.

Tabel 1. Ringkasan Statistik Deskriptif Karakteristik Mutu CPO (n=50)

Satistik	ALB (%)	Kadar Air (%)	Kadar Kotoran (%)
Mean	4,33	0,256	0,0301
Median	4,15	0,25	0,025
Standart Deviasi	0,524	0,0282	0,0284*
Minimum	3,54	0,20	0,020
Maksimum	5,15	0,30	0,220**
Range	1,61	0,10	0,200
Standart Internal	3,5	0,15	0,020
Batas SNI	< 5,00	<0,25	<0,025

**Terdapat nilai outlier ekstrem pada observasi ke-40 (kadar kotoran = 0,220%) yang mengindikasikan adanya kontaminasi atau kesalahan pengukuran yang perlu diinvestigasi. *

Tabel 2. Check Sheet Ketidaksesuaian Karakteristik Mutu CPO

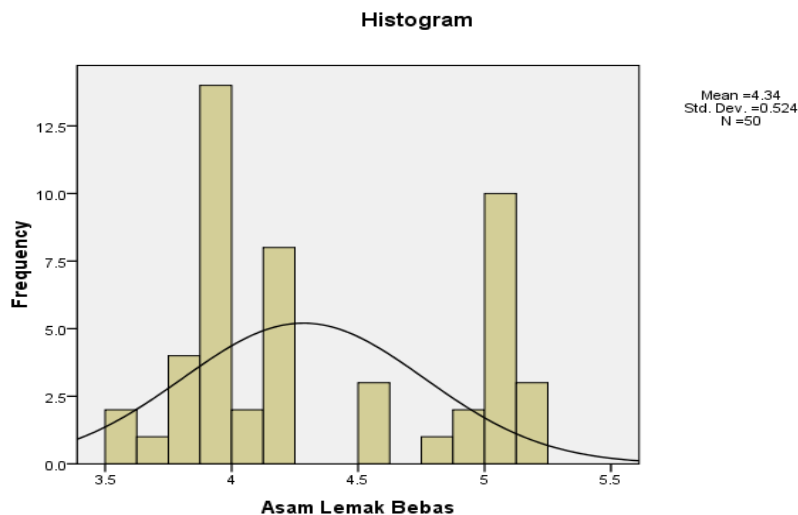
No	Karakteristik	Jumlah Sampel	Tidak Memenuhi Speksifikasi	Persentase (%)
1	Kadar ALB	50	12	23,08
2	Kadar Air	50	23	44,23
3	Kadar Kotoran	50	17	32,69
Total		**50	**52	100

Total ketidaksesuaian lebih dari 50 karena satu sampel dapat tidak memenuhi lebih dari satu spesifikasi. *

Berdasarkan check sheet, kadar air merupakan karakteristik mutu yang paling sering tidak memenuhi spesifikasi (23 dari 50 sampel atau 44,23%), diikuti kadar kotoran (17 sampel, 32,69%), dan kadar ALB (12 sampel, 23,08%). Fakta bahwa rata-rata kadar air (0,2526%) melampaui batas SNI (0,25%) mengindikasikan bahwa proses pengeringan (vacuum drying) tidak berjalan optimal secara konsisten.

3.2. Analisis Histogram

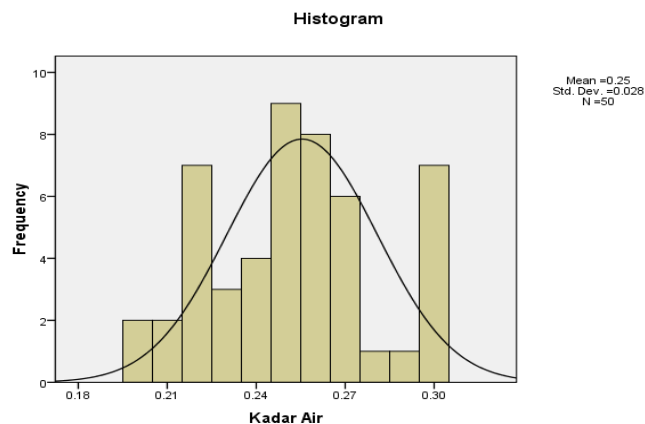
3.2.1. Histogram kadar Asam Lemak Bebas (ALB)



Gambar 1. Histogram Asam Lemak Bebas (ALB)

Histogram ALB menunjukkan 38 dari 50 sampel (76%) berada pada 3,54%–4,93% dan masih di bawah batas SNI 5,00%, namun 12 sampel (24%) melebihi standar, dengan nilai tertinggi 5,15% (observasi ke-17). Rata-rata ALB 4,34% sudah melampaui standar internal (3,50%) tetapi masih di bawah SNI. Peningkatan ALB dipengaruhi aktivitas enzim lipase yang menghidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol, yang dipicu keterlambatan pengolahan TBS, suhu perebusan yang tidak optimal, serta kerusakan buah. Proses sterilisasi yang kurang efektif (ideal $>50^{\circ}\text{C}$) juga memungkinkan enzim tetap aktif dan meningkatkan ALB selama penyimpanan.

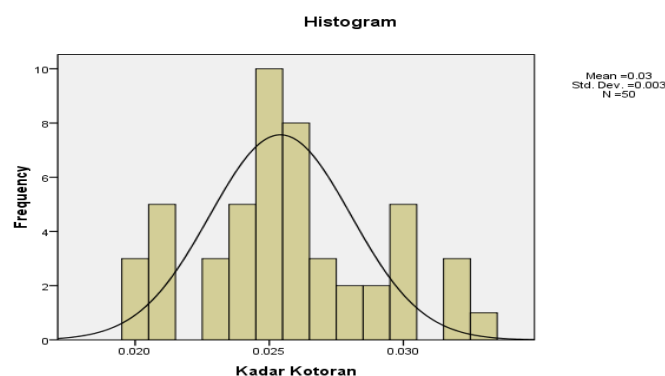
3.2.2. Histogram kadar Air



Gambar 2. Histogram Kadar Air

Analisis histogram kadar air mengungkapkan bahwa mayoritas sampel (23 dari 50 atau 46%) memiliki kadar air di atas 0,25%, yang merupakan batas maksimum menurut SNI-01-2901-2006. Lebih signifikan lagi, seluruh 50 sampel (100%) melampaui standar internal perusahaan sebesar 0,15%. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan sistematis antara standar perusahaan dengan kapabilitas aktual proses vacuum drying yang dioperasikan. Kadar air yang tinggi dalam CPO meningkatkan risiko hidrolisis yang menghasilkan ALB, dan juga mempercepat proses oksidasi yang menimbulkan ketengikan (Hartini et al., 2023). Menurut Tan et al. (2023), setiap kenaikan 0,01% kadar air di atas 0,15% berkorelasi positif dengan peningkatan kadar ALB sebesar 0,05–0,08% selama penyimpanan 24 jam. Temuan ini menegaskan bahwa pengendalian kadar air harus menjadi prioritas utama perbaikan proses.

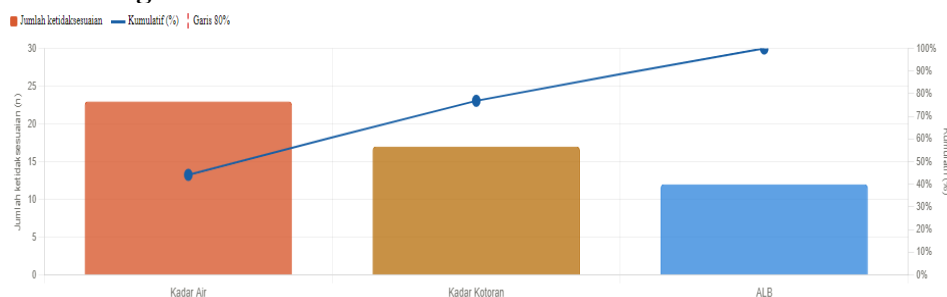
3.2.3. Histogram Kadar Kotoran



Gambar 3. Histogram Kadar Kotoran

Temuan paling kritis adalah adanya outlier ekstrem 0,220% pada observasi ke-40, hampir 10 kali rata-rata dan jauh di atas batas SNI (0,025%). Outlier ini menaikkan rerata kadar kotoran dari $\pm 0,023\%$ (tanpa outlier) menjadi 0,0301%. Kemungkinan penyebabnya meliputi kegagalan sistem filtrasi (*vibrating screen/sludge separator*), kontaminasi eksternal, atau kesalahan sampling. Jika outlier dihilangkan, hanya 16 sampel (32%) yang melampaui standar internal (0,020%), dan tidak ada yang melebihi batas SNI. Ini menunjukkan proses pemisahan umumnya masih terkendali, namun tetap membutuhkan sistem deteksi dini untuk mencegah kejadian ekstrem serupa.

3.3. Analisis Diagram Pareto



Gambar 4. Diagram Pareto

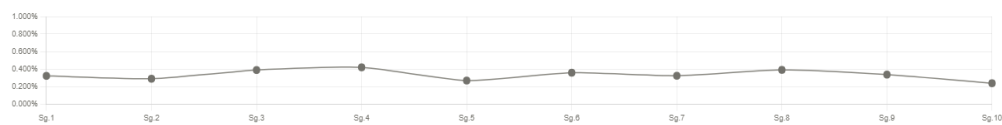
Diagram Pareto menunjukkan bahwa kadar air dan kadar kotoran merupakan penyebab utama ketidaksesuaian kualitas, dengan kontribusi sekitar 77% dari total penyimpangan. Sesuai prinsip Pareto 80/20, perbaikan yang difokuskan pada kedua

parameter tersebut berpotensi menyelesaikan sebagian besar masalah kualitas CPO (Heizer & Render, 2013). Dominasi kadar air sejalan dengan penelitian Hartini et al. (2023) yang menyatakan bahwa inefisiensi proses vacuum drying menjadi penyebab utama ketidaksesuaian mutu pada pabrik CPO. Sementara itu, tingginya kadar kotoran berkaitan dengan efektivitas proses klarifikasi minyak, khususnya kinerja vibrating screen, sludge separator, dan sludge centrifuge.

3.3.1. Peta Kendali $\bar{X}$ -R Kadar ALB

10 subgrup (n=5). CL = 4,3398% | BKA = 4,790% | BKB = 3,890%. Semua titik dalam batas kendali → proses in statistical control.

■ $\bar{X}$ subgrup — CL (Garis tengah) - - BKA / BKB



Gambar 5. Peta Kendali $\bar{X}$ -R: Kadar ALB (%)

Peta $\bar{X}$ CL = 4,3398%

BKA = 4,790%

BKB = 3,890%

Peta $R\bar{R}$ = 0,78%

BKA = 1,649%

BKB = 0%

Status✓ In control

Variasi: common cause

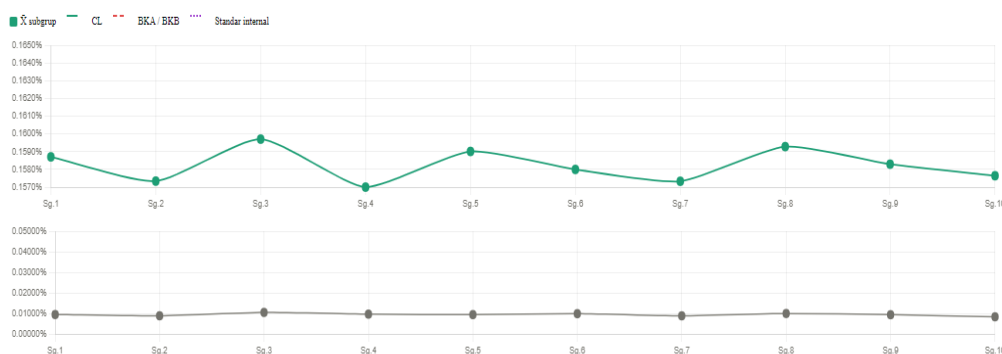
Perlu perbaikan sistemik

Kondisi *in-control* namun tidak *in-specification* ini mengindikasikan bahwa proses menghasilkan produk yang secara konsisten tidak memenuhi standar internal. Menurut Heizer & Render (2013), kondisi ini memerlukan tindakan perbaikan sistemik pada seluruh proses (pergeseran rata-rata ke bawah), bukan hanya intervensi pada titik-titik penyimpangan individual.

3.3.2. Peta Kendali $\bar{X}$ -R Kadar Air

Peta Kendali $\bar{X}$ -R: Kadar Air (%)

10 subgrup (n=5). CL = 0,1602% | BKA = 0,1844% | BKB = 0,1360%. Proses terkendali namun rata-rata melebihi standar internal (0,15%).



Gambar 6. Peta Kendali $\bar{X}$ -R: Kadar Air (%)

Peta $\bar{X}$ CL = 0,1602%

BKA = 0,1844%

BKB = 0,1360%

Peta $R\bar{R}$ = 0,042%

BKA = 0,0888%

BKB = 0%

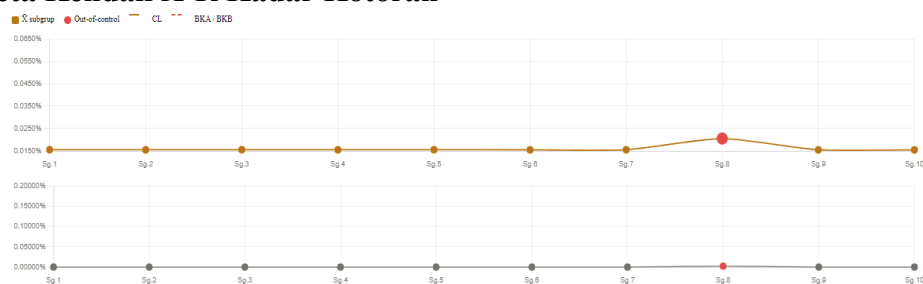
Status✓ In control

⚠ Di atas standar internal

Perbaikan vacuum dryer

Penyebab utama kadar air yang tinggi dapat dikaitkan dengan: (a) inefisiensi vacuum dryer, termasuk keausan pompa vakum dan kebocoran pada sistem; (b) kematangan TBS yang tidak seragam, di mana buah terlalu matang mengandung kadar air lebih tinggi (Pahan, 2022); dan (c) kondisi cuaca (hujan) yang meningkatkan kelembapan TBS pada saat panen. Temuan ini konsisten dengan Juni (2016) yang menyatakan bahwa efektivitas proses pengeringan merupakan determinan kritis kualitas air dalam CPO

3.3.3. Peta Kendali $\bar{X}$ -R Kadar Kotoran



Gambar 7. Peta Kendali $\bar{X}$ -R: Kadar Kotoran (%)

Peta $\bar{X}$ CL = 0,0196%

BKA = 0,0218%

BKB = 0,0175%

Peta R $\bar{R}$ = 0,0037%

BKA = 0,0078%

BKB = 0%

Status Δ Out-of-control (Sg.8)

Special cause variation

Investigasi segera!

Peta kendali kadar kotoran menunjukkan special cause variation pada subgroup dengan outlier ekstrem 0,220%, yang menandakan kondisi out-of-control akibat faktor spesifik, bukan variasi acak (Montgomery, 2020). Penyebab potensialnya meliputi kegagalan vibrating screen/sludge separator, kontaminasi saat sampling atau pengujian, serta kebocoran sistem pipa. Sesuai Besterfield (2009), titik di luar batas kendali harus segera diinvestigasi dan penyebabnya dihilangkan sebelum revisi batas kendali dilakukan.

3.4. Analisis Faktor Penyebab (Fishbone + 5W+1H)

Lima kategori faktor penyebab (5M+1E) yang berkontribusi pada ketidaksesuaian kualitas CPO. Berdasarkan analisis 5W+1H dan observasi lapangan, berikut adalah identifikasi faktor penyebab untuk setiap karakteristik mutu:

Tabel 3. Analisis Faktor Penyebab Ketidakesuaian Mutu CPO

Faktor	Pengaruh Pada ALB	Pengaruh Pada Air	Pengaruh Pada Kotoran
Material	Buah terlalu matang meningkatkan enzim lipase	Buah terlalu matang → kadar air tinggi	Kontaminasi tanah/pasir pada TBS
Mesin	Sterilizer tidak optimal	Vacuum dryer kurang efisien	Vibrating screen/separator tidak optimal
Metode	Jadwal pengolahan tidak First-In-First-Out	Pengeringan tidak sempurna	Pemisahan kotoran kurang teliti
Metode	Jadwal pengolahan tidak First-In-First-Out	Pengeringan tidak sempurna	Pemisahan kotoran kurang teliti
Man	Kurangnya pengawasan sortasi	Kelalaian operator dryer	Operator kurang teliti pada filtrasi



Gambar 8. Fishbone Penyebab Ketidaksesuaian Mutu CPO

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas CPO di PT Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung masih menghadapi penyimpangan terhadap standar internal perusahaan. Dari tiga parameter yang dianalisis (ALB, kadar air, dan kadar kotoran), kadar air menjadi masalah utama dengan tingkat ketidaksesuaian tertinggi (44,23%). Analisis Pareto menunjukkan kadar air (44,23%) dan kadar kotoran (32,69%) menyumbang 76,92% dari total ketidaksesuaian, sehingga keduanya menjadi prioritas utama perbaikan kualitas. Peta kendali $\bar{X}$ -R menunjukkan proses produksi secara umum masih terkendali secara statistik (in statistical control), dengan variasi yang didominasi common cause variation. Namun, terdapat satu outlier kadar kotoran (0,220%) yang mengindikasikan special cause variation dan memerlukan investigasi segera.

Untuk meningkatkan kualitas CPO, perusahaan disarankan mengoptimalkan kinerja vacuum dryer, memperketat sortasi TBS, menerapkan monitoring proses secara real-time, meningkatkan kompetensi operator, serta mengimplementasikan *Statistical Process Control* (SPC) secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariani, D. W., & Sugiyono. (2022). *Manajemen kualitas total dalam industri manufaktur: Teori, aplikasi, dan studi kasus Indonesia* (Edisi ke-3). Penerbit BPFE.
- [2] Besterfield, D. H. (2009). *Quality control* (8th ed.). Pearson Prentice Hall.
- [3] Devani, V., & Wahyuni, F. (2016). Pengendalian kualitas kertas dengan menggunakan Statistical Process Control (SPC) di Paper Machine 3. *Jurnal Teknik Industri*, 15(2), 87–93. <https://doi.org/10.9744/jti.15.2.87-93>
- [4] Gasperz, V. (2005). *Total quality management*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- [5] GAPKI. (2023). *Kinerja industri minyak kelapa sawit Indonesia 2022*. Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia. <https://gapki.id>
- [6] Gunawan, C. V., & Tannady, H. (2016). Analisis kinerja proses dan identifikasi cacat dominan dengan pendekatan statistical process control. *Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 11–20.
- [7] Gultom, J. A., Sinurat, W., Silitonga, M., Harahap, E. F., & ABDUROHIM, A. (2024). EFFECT OF PROBLEM-BASED LEARNING MODEL ON LEARNING MOTIVATION IN QUALITY CONTROL

- COURSE. *EDUMASPUL: JURNAL PENDIDIKAN*, 8(1), 1817-1824.
- [8] Gultom, J. A., Sinurat, W., & Silitonga, M. (2025). EVALUASI STABILITAS PROSES PRODUKSI GLISERIN BERBASIS STATISTICAL PROCESS CONTROL MENGGUNAKAN PETA KENDALI $\bar{X}$ DAN R. *ATDS Saintech Journal of Engineering*, 6(2), 69-77.
- [9] Handes, D., Masniar, & Junaidi. (2013). Statistical quality control (SQC) pada proses produksi produk "E" di PT DYN, TBK. *Jurnal Teknik Industri*, 14(2), 177–186.
- [10] Hartini, S., Rahardjo, D., & Nugroho, A. (2023). Analisis pengaruh suhu sterilisasi terhadap kualitas CPO menggunakan metode response surface. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 24(1), 45–58. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2023.024.01.5>
- [11] Heizer, J., & Render, B. (2013). *Manajemen operasi: Keunggulan kompetitif dalam manufaktur dan jasa* (Edisi ke-11). Salemba Empat.
- [12] Hitoshi, K. (1988). *Metode statistik untuk meningkatkan mutu*. PT Mediyana Sarana Perkasa.
- [13] Jamaluddin. (2017). *Manajemen mutu: Teori dan aplikasi pada lembaga pendidikan*. Pusaka Jambi.
- [14] Juni, S. (2016). Pengaruh waktu dan tekanan uap perebusan tandan buah segar (TBS) terhadap kehilangan minyak (oil losses) di PT Murini Sam-Sam II Pelintung Dumai. *Jurnal LP2M-UMRI*, 12–19.
- [15] Kartika, H. (2013). Analisis pengendalian kualitas produk CPE film dengan metode statistical process control pada PT. MSI. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 1(1), 50–58.
- [16] Quality Control (SQC) untuk meminimumkan produk gagal pada Roti Barokah Bakery. *Jurnal Penelitian Ilmu Ekonomi WIGA*, 7(1), 15–22.
- [17] Noor, F., & Fauziah. (2016). Analisis pengendalian kualitas produk menggunakan peta kendali p. *Jurnal Teknik Industri*, 12(3), 155–163.
- [18] Pahan, I. (2022). *Panduan lengkap kelapa sawit: Manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir* (Edisi revisi). Penebar Swadaya
- [19] Siahaan, E. F., Silitonga, M., Gultom, J. A., & Sinurat, W. (2025). ANALISIS KUALITAS PULP DENGAN EMPAT METODE TERHADAP JUMLAH PRODUK CACAT PT. QMX. *ATDS Saintech Journal of Engineering*, 6(1), 15-23.