ISSN 2338-7122

ANALISIS PENINGKATAN MUTU PADA PRODUKSI CRUDE PALM OIL (CPO) MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA) DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA IV REGIONAL I DISTRIK LABUHAN BATU PKS SISUMUTA

Sultan Zuhdi Nasution[1], Budhi Santri Kusuma[2,] Dede Ibrahim Muthawali[3]

[1,2]Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area
[3]Program Studi Kimiai, Fakultas Vokasi, Universitas Sumatera Utara
Email: sultanzuhdi22@gmail.com

ABSTRAK

Crude Palm Oil (CPO) merupakan produk utama industri kelapa sawit yang kualitasnya harus dijaga agar memenuhi standar perusahaan dan kebutuhan pasar. Penurunan mutu CPO dapat disebabkan oleh berbagai kegagalan pada setiap tahapan proses produksi, seperti keterlambatan pengolahan tandan buah segar, proses sterilisasi yang kurang optimal, dan lemahnya pengendalian proses. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mutu CPO berdasarkan parameter kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran, serta mengidentifikasi dan menentukan prioritas kegagalan proses menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) serta didukung Fault Tree Analysis (FTA). Penelitian dilakukan di PT Perkebunan Nusantara IV Regional I Distrik Labuhan Batu PKS Sisumut dengan pendekatan deskriptif kuantitatif melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan analisis data mutu harian. Hasil pengujian menunjukkan mutu CPO aktual dalam batas standar (ALB 3,26–3,29%, kadar air 0,14–0,15%, kadar kotoran 0,013–0,015%). Hasil analisis FMEA mengidentifikasi 5 failure mode dengan keterlambatan pengolahan TBS sebagai risiko prioritas tertinggi (RPN 432), diikuti proses klarifikasi kurang optimal (RPN 336), dan suhu sterilisasi tidak stabil (RPN 280). Analisis FTA menunjukkan keterlambatan pengolahan TBS (top event) dipicu oleh peningkatan waktu tunggu dan lonjakan volume TBS yang masuk. Penerapan FMEA dan FTA terbukti efektif dalam memetakan titik kritis proses dan memberikan arah perbaikan preventif guna menjaga konsistensi mutu CPO.

Kata Kunci: Crude Palm Oil (CPO), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FTA), Pengendalian Mutu, Risk Priority Number (RPN), Kelapa Sawit.

1. PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor industri unggulan di Indonesia yang memiliki kontribusi besar terhadap perekonomian nasional. Produk utama dari industri ini adalah Crude Palm Oil (CPO) yang digunakan sebagai bahan baku berbagai produk pangan, kosmetik, dan energi. Kualitas CPO sangat dipengaruhi oleh proses produksi di pabrik kelapa sawit. Parameter mutu utama CPO meliputi kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran. Peningkatan kadar ALB merupakan indikator utama penurunan mutu CPO yang umumnya disebabkan oleh reaksi hidrolisis trigliserida akibat aktivitas enzim lipase yang dipicu oleh kerusakan fisik buah maupun keterlambatan pengolahan Tandan Buah Segar (TBS).

Pada PT. Perkebunan Nusantara IV Regional I Distrik Labuhan Batu PKS Sisumut, pengolahan TBS menjadi CPO melibatkan rangkaian proses kritis yang meliputi penerimaan bahan baku, sterilisasi, perontokan, pengepresan, klarifikasi, dan penyimpanan. Berdasarkan grafik produksi CPO periode Juli–Desember 2025, terjadi tren penurunan volume produksi yang mengindikasikan perlunya evaluasi mendalam terhadap stabilitas dan pengendalian proses. Untuk mencegah timbulnya penyimpangan mutu secara berulang, diperlukan pendekatan sistematis berbasis risiko guna mengidentifikasi potensi kegagalan sejak awal.

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) merupakan metode pencegahan risiko yang mengevaluasi kegagalan berdasarkan nilai Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D) untuk menghasilkan Risk Priority Number (RPN). Sebagai langkah komplementer, Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk menelusuri akar penyebab (basic event) dari failure mode prioritas secara deduktif. Penelitian ini

ISSN 2338-7122

bertujuan untuk mengevaluasi mutu CPO aktual, mengidentifikasi failure mode pada setiap stasiun kerja, menentukan nilai RPN tertinggi, serta menganalisis akar masalahnya guna merumuskan rekomendasi perbaikan di PKS Sisumut.adapun rumusan masalah pada penelitian adalah Bagaimana profil fluktuasi mutu harian CPO aktual selama masa pengamatan dan mode kegagalan kritis yang paling berdampak pada penurunan mutu berdasarkan bobot RPN?3)Apa akar penyebab utama dari mode kegagalan berisiko tertinggi. Adapun tujuan pokok penelitian adalah Menganalisis parameter mutu harian CPO aktual (kadar asam lemak bebas/ALB, kadar air, dan kadar kotoran) di PKS Sisumut, selanjutnya Mengidentifikasi mode kegagalan (failure mode) pada setiap stasiun kerja dan menentukan prioritas risiko utama dengan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN), kemudian Menelusuri akar penyebab masalah (basic events) dari kegagalan prioritas menggunakan Fault Tree Analysis (FTA dan Merumuskan rekomendasi tindakan pencegahan dan perbaikan untuk menjaga konsistensi mutu CPO

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PKS PT Perkebunan Nusantara IV Regional I Distrik Labuhan Batu pada periode 16 Maret hingga 22 April 2026. Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di area produksi (loading ramp, sterilizer, press, klarifikasi, storage tank), wawancara terstruktur dengan manajer dan operator, serta expert judgment dalam penilaian severity, occurrence, dan detection. Data sekunder diperoleh dari laporan harian laboratorium mutu serta dokumen produksi perusahaan.

Tahapan analisis data meliputi:

a) **Pengolahan Data Mutu CPO:** Menganalisis parameter mutu harian (ALB, kadar air, kadar kotoran) dan membandingkannya dengan standar mutu perusahaan.
b) **Identifikasi Failure Mode:** Memetakan potensi mode kegagalan pada setiap stasiun pengolahan CPO.
c) **Analisis FMEA:** Menentukan skala nilai Severity (1–10), Occurrence (1–10), dan Detection (1–10) berdasarkan kriteria standar industri, kemudian menghitung nilai RPN dengan rumus:RPN = Severity (S) x Occurrence (O) x Detection (D)
d) **Analisis FTA:** Menetapkan failure mode dengan nilai RPN tertinggi sebagai *top event*, kemudian menelusuri rantai penyebab melalui *intermediate events* dan *basic events* menggunakan gerbang logika (AND/OR gate).
e) **Penyusunan Usulan Perbaikan:** Merumuskan rekomendasi tindakan pencegahan dan perbaikan proses.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Evaluasi Parameter Mutu CPO Aktual

Hasil pengujian laboratorium harian CPO PKS Sisumut selama periode penelitian (16 Maret–22 April 2026) menunjukkan bahwa mutu CPO secara keseluruhan masih memenuhi standar perusahaan, meskipun terdapat fluktuasi minor pada periode tertentu:

a) **Kadar Asam Lemak Bebas (ALB):** Berada pada rentang 3,25%–3,31% (Standar Maksimal Perusahaan < 5,0%). Fluktuasi dipengaruhi oleh waktu tunggu TBS di loading ramp dan efektivitas inaktivasi enzim pada sterilisasi.
b) **Kadar Air:** Berada pada rentang 0,14%–0,15% (Standar Maksimal Perusahaan < 0,20%). Hal ini menunjukkan efektivitas pemisahan fasa cair pada stasiun klarifikasi berjalan stabil.
c) **Kadar Kotoran:** Berada pada rentang 0,013%–0,015% (Standar Maksimal Perusahaan < 0,020%). Mengindikasikan pemisahan partikel padat/sludge dalam kondisi terkendali.

3.2. Analisis Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

ISSN 2338-7122

Hasil identifikasi dan penilaian FMEA terhadap stasiun kerja produksi CPO di PKS Sisumut disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tahapan Proses	Failure Mode (Mode Kegagalan)	Dampak Kegagalan	S	O	D	RPN	Peringkat
Penerimaan TBS	Keterlambatan pengolahan TBS	Peningkatan kadar ALB	9	8	6	**432**	1
Klarifikasi	Pemisahan minyak dan air kurang optimal	Peningkatan kadar air dan kotoran	8	7	6	**336**	2
Sterilisasi	Suhu perebusan tidak stabil	Enzim lipase tidak terinaktivasi sempurna	8	7	5	**280**	3
Pengepresan	Tekanan press tidak optimal	Rendemen minyak menurun / oil losses	7	6	4	**168**	4
Penyimpanan	Tangki penyimpanan kurang bersih	Kadar kotoran meningkat / kontaminasi	6	5	4	**120**	5

Berdasarkan Tabel 1, **Keterlambatan pengolahan TBS** menempati peringkat tertinggi dengan nilai RPN sebesar **432** (S=9, O=8, D=6). Tingginya nilai RPN ini didasari oleh dampak keparahan yang tinggi terhadap kenaikan ALB serta frekuensi kejadian antrean TBS saat puncak panen.

3.3. Analisis Fault Tree Analysis (FTA)

Mode kegagalan keterlambatan pengolahan TBS (RPN 432) ditetapkan sebagai *Top Event* dalam struktur Fault Tree Analysis. Penelusuran deduktif menunjukkan faktor-faktor pembentuknya sebagai berikut:

a) **Top Event:** Keterlambatan Pengolahan TBS.
b) **Intermediate Events:**
    1. Waktu tunggu TBS di loading ramp meningkat.
    2. Volume TBS yang masuk mengalami lonjakan.

ISSN 2338-7122

3. Waktu proses pembongkaran TBS berlangsung lama.

c) **Basic Events (Akar Penyebab):**
   - Penumpukan TBS di area loading ramp.
   - Kapasitas olah pabrik yang tidak seimbang pada jam puncak.
   - Peningkatan aktivitas panen dan armada transportasi kebun secara bersamaan.
   - Keterbatasan jumlah dan penurunan kinerja alat pembongkar (tipper/loader).

3.4. Pembahasan dan Implikasi Perbaikan

Meskipun mutu CPO harian secara aktual berada pada batas toleransi standar perusahaan, analisis FMEA dan FTA membuktikan adanya potensi kerentanan operasional. Keterlambatan pengolahan TBS yang terakumulasi di loading ramp memicu peningkatan hidrolisis lemak oleh enzim lipase, yang berkontribusi langsung pada kenaikan kadar ALB. Oleh karena itu, pengawasan preventif difokuskan pada tiga pilar utama:

1. **Manajemen Logistik TBS:** Memperbaiki penjadwalan penerimaan truk TBS dari kebun pengirim guna menghindari penumpukan di loading ramp (sistem Restrukturisasi Pengiriman FIFO).
2. **Pengendalian Parameter Sterilisasi:** Melakukan kalibrasi dan monitoring berkala pada instrumen suhu dan tekanan tangki sterilizer agar penetrasi uap panas dapat menginaktivasi enzim lipase secara optimal.
3. **Perawatan Fasilitas (Preventive Maintenance):** Melaksanakan perawatan berkala pada mesin press, separator klarifikasi, serta pembersihan tangki timbun (storage tank) secara terencana.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Kualitas mutu CPO di PT Perkebunan Nusantara IV Regional I PKS Sisumut selama periode penelitian memenuhi standar perusahaan dengan rata-rata kadar ALB 3,26%–3,29%, kadar air 0,14%–0,15%, dan kadar kotoran 0,013%–0,015%.
2. Identifikasi FMEA menemukan 5 mode kegagalan utama pada proses produksi CPO, yaitu keterlambatan pengolahan TBS, suhu sterilisasi tidak stabil, tekanan press tidak optimal, klarifikasi kurang optimal, dan tangki penyimpanan kurang bersih, Keterlambatan pengolahan TBS merupakan mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi (432), yang dipicu oleh akumulasi waktu t unggu dan peningkatan volume TBS di loading ramp sebagaimana teridentifikasi melalui analisis Fault Tree Analysis (FTA).

4.2. Saran

1. Perusahaan disarankan meningkatkan koordinasi jadwal pengiriman TBS antara kebun dan pabrik untuk meminimalkan waktu tunggu di loading ramp.
2. Memperketat pengawasan parameter suhu/tekanan sterilisasi dan melaksanakan program *preventive maintenance* secara rutin pada mesin press dan peralatan klarifikasi. Kemudian mengombinasikan FMEA dengan metode Six Sigma untuk mengukur tingkat kapabilitas proses (Sigma level) secara lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. A. N. Dobi and P. Cpo, “Analisis Korelasi Kadar Kotoran dengan Kadar Air pada Crude Palm Oil,” *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 9, no. 1, pp. 1–9, 2025.

[2] W. Febrina and J. Saputra, “Pendekatan Six Sigma Dan FMEA Dalam Pengendalian Mutu Crude Palm Oil,” *Jurnal Sains dan Teknologi*, pp. 150–160, 2025.

[3] T. Gratia, R. Tarigan, and B. P. Sukarsono, “Pengendalian Kualitas Produk Crude Palm Oil (CPO) dengan Metode Six Sigma di PT Supra Matra Abadi,” *Industrial Engineering Online Journal*, vol.

ISSN 2338-7122

10, no. 4, pp. 1–10, 2021.
[4] E. Herlina, F. Haris, E. Prabowo, and D. Nuraida, "Analisis Pengendalian Mutu dalam Meningkatkan Kualitas CPO," *Jurnal Fokus Manajemen Bisnis*, vol. 11, no. 2, pp. 173–188, 2021.
[5] K. Khamaludin and I. Respatiningsih, *Manajemen Mutu Terpadu pada Industri Manufaktur*. Jakarta, Indonesia: Penerbit Karya Akademika, 2024.
[6] M. Meilanda and S. Dewi, "Pengendalian Risiko Proses Produksi Pakan Ternak Sapi dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Fault Tree Analysis," *Jurnal Agroindustri*, vol. 5, no. 1, pp. 193–206, 2025.
[7] Nurmalawati, R. P. Dewiyana, and S. Rahmansyah, "Identifikasi dan Evaluasi Risiko Kegagalan Kualitas Crude Palm Oil dengan Metode FMEA di PKS Tanjung Seumatoh," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 3, no. 1, pp. 229–241, 2024.
[8] W. A. Prastyabudi, R. A. Faharga, and H. Chandra, "Systematic Risk Analysis of Railway Component Quality: Integration of Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA)," *Journal of Industrial Engineering & Management*, vol. 22, no. 2, pp. 77–89, 2024.
[9] I. M. N. Siagian, W. Sundari, and L. Widiarti, "Analisa Mutu Crude Palm Oil (CPO) di Pabrik Kelapa Sawit PT. Socfin Indonesia Kebun Aek Loba," *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, vol. 12, no. 1, pp. 29–40, 2024.
[10] S. Soliawati and Q. D. Utama, "Perbandingan Parameter Mutu Crude Palm Oil Produksi PT XYZ Terhadap Ketetapan Mutu Standar Nasional Indonesia," *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, vol. 17, no. 2, pp. 88–98, 2024.
[11] D. H. Stamatis, *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. ASQ Quality Press, 1995.
[12] D. Swandika and M. I. Rasyid, "Analisa Mutu Crude Palm Oil (CPO) Pada Storage Tank Di PT. Socfin Indonesia Kebun Seunagan," *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, vol. 4, no. 2, pp. 40–47, 2022.
[13] R. Z. Syafira and S. Haryani, "Quality Control of Crude Palm Oil (CPO) Using Control Chart and Failure Mode and Effect Analysis," *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, vol. 14, no. 2, pp. 55–63, 2022.
[14] J. Yardani, A. Ulimaz, W. Yuliyanti, N. Permatasari, and M. Noor, "Pengaruh Penumpukan Bahan Baku Tandan Buah Segar Terhadap Mutu Crude Palm Oil Berdasarkan Kadar Air dan Asam Lemak Bebas," *Jurnal Agroproses*, vol. 11, pp. 151–159, 2025.
[15] M. Yazdi, "Fault tree analysis improvements: A bibliometric analysis and literature review," *Quality and Reliability Engineering International*, vol. 39, no. 4, pp. 1639–1659, 2023.