

Penerapan *Six Sigma* dalam Pengendalian Asam Lemak Bebas Optimal Crude Palm Oil

¹Wirda Novarika AK, ²Yustiar Gunawan

¹Institut Sains dan Teknologi Nasional, Universitas Islam Sumatera Utara Jl. S.M Raja Teladan Medan

²Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jl. Moch. Kahfi II No.30, RT.13/RW.9, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12630

e-mail: wirda@ft.uisu.ac.id

Abstract

Maintaining consistent quality of crude palm oil (CPO) remains a significant challenge in palm oil mills, particularly due to fluctuations in Free Fatty Acid (FFA) levels that influence product value and processing efficiency. This study evaluates process capability and proposes quality improvement strategies at PT Perkebunan Nusantara IV PKS Bah Jambi using the Six Sigma DMAIC framework. Production quality data were analyzed through control charts, regression analysis, fishbone diagrams, and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Initial measurement revealed that the average FFA level exceeded premium standards with a sigma level below two, indicating limited process capability. The findings highlight Fresh Fruit Bunch resting time and overripe fruit as a critical factor affecting quality deviation. Improvement strategies emphasize reducing waiting time and stabilizing sterilization parameters. The study demonstrates that a structured Six Sigma approach can effectively minimize process variability while enhancing operational performance in palm oil processing industries.

Keywords: *Six Sigma, Free Fatty Acid, CPO, DMAIC, Quality Improvement*

Abstrak

Konsistensi mutu *Crude Palm Oil* (CPO) masih menjadi tantangan pada industri kelapa sawit, terutama akibat fluktuasi kadar Asam Lemak Bebas (ALB) yang mempengaruhi nilai jual dan efisiensi proses. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kapabilitas proses serta merumuskan strategi peningkatan mutu di PT Perkebunan Nusantara IV PKS Bah Jambi menggunakan pendekatan *Six Sigma DMAIC*. Analisis dilakukan melalui *control chart*, regresi linier, *fishbone diagram*, dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Hasil pengukuran awal menunjukkan rata-rata ALB melebihi standar premium dengan tingkat *sigma* di bawah dua, yang mengindikasikan variasi proses masih tinggi. Faktor dominan yang mempengaruhi penyimpangan mutu adalah waktu restan TBS dan buah restan. Strategi perbaikan difokuskan pada pengendalian waktu tunggu dan stabilisasi proses sterilisasi. Pendekatan *Six Sigma* terbukti mampu menjadi kerangka sistematis dalam menekan variasi proses serta meningkatkan kinerja operasional pengolahan minyak sawit.

Kata kunci: *Six Sigma, Asam Lemak Bebas, CPO, DMAIC, Pengendalian Mutu*

Diterima : Januari 2026

Disetujui : April 2026

Dipublikasi : Juni 2026

Pendahuluan

Industri kelapa sawit merupakan sektor strategis yang berkontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional melalui ekspor minyak sawit mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO). Tingginya permintaan global terhadap produk turunan minyak sawit mendorong perusahaan untuk tidak hanya meningkatkan kapasitas produksi, tetapi juga menjaga konsistensi mutu produk akhir. Parameter kualitas seperti kadar Asam Lemak Bebas (ALB), kadar air, serta kandungan kotoran menjadi indikator utama yang menentukan nilai jual dan stabilitas produk selama proses distribusi (Pahan, 2015).

Dalam praktik operasional pabrik kelapa sawit, peningkatan kadar ALB sering dikaitkan dengan penundaan pengolahan tandan buah segar, fluktuasi suhu sterilisasi, serta kurang optimalnya pengendalian proses produksi. Aktivitas enzim lipase yang tidak segera dinaktivasi dapat mempercepat proses hidrolisis trigliserida sehingga meningkatkan ALB secara signifikan (Corley & Tinker, 2016; Tan et al., 2023). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pendekatan konvensional dalam pengendalian mutu belum cukup untuk mengatasi kompleksitas variasi proses yang terjadi di lapangan.

Pendekatan *Six Sigma* menjadi salah satu metode yang banyak digunakan untuk meningkatkan kapabilitas proses melalui analisis statistik yang sistematis. Kerangka *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) memungkinkan identifikasi sumber variasi secara lebih terstruktur sekaligus memberikan dasar pengambilan keputusan berbasis data (Montgomery, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi tingkat kapabilitas proses produksi CPO serta merumuskan strategi peningkatan mutu melalui integrasi *control chart*, *fishbone diagram*, dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Pendekatan integratif ini diharapkan mampu memberikan kontribusi praktis dalam pengembangan sistem pengendalian mutu yang lebih adaptif pada industri kelapa sawit.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan Pendekatan *Six Sigma DMAIC* yang diterapkan pada data mutu produksi CPO di PKS Bah Jambi. Tahap *Define* dilakukan dengan menentukan karakteristik mutu kritis (*Critical to Quality/CTQ*) yang berfokus pada parameter ALB sebagai indikator utama kualitas produk. Penentuan CTQ bertujuan untuk memastikan bahwa analisis yang dilakukan selaras dengan kebutuhan operasional dan standar mutu industri. Tahap *Measure* meliputi penyusunan *control chart* dan perhitungan tingkat *sigma* guna mengevaluasi kestabilan proses produksi. Data yang diperoleh kemudian dianalisis pada tahap *Analyze* menggunakan regresi linier untuk mengidentifikasi hubungan antar variabel proses serta *fishbone diagram* untuk memetakan penyebab utama variasi mutu. Selanjutnya, *Failure Mode and Effect Analysis* digunakan untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number (RPN)* sehingga strategi perbaikan dapat difokuskan pada faktor yang paling kritis (Gasperz, 2011).

Tahap *Improve* dan *Control* dilakukan dengan merumuskan rekomendasi pengendalian waktu restan TBS serta stabilisasi parameter sterilisasi. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan menurunkan variasi proses, tetapi juga meningkatkan keberlanjutan sistem pengendalian mutu melalui *monitoring* berkala.

Hasil dan Pembahasan

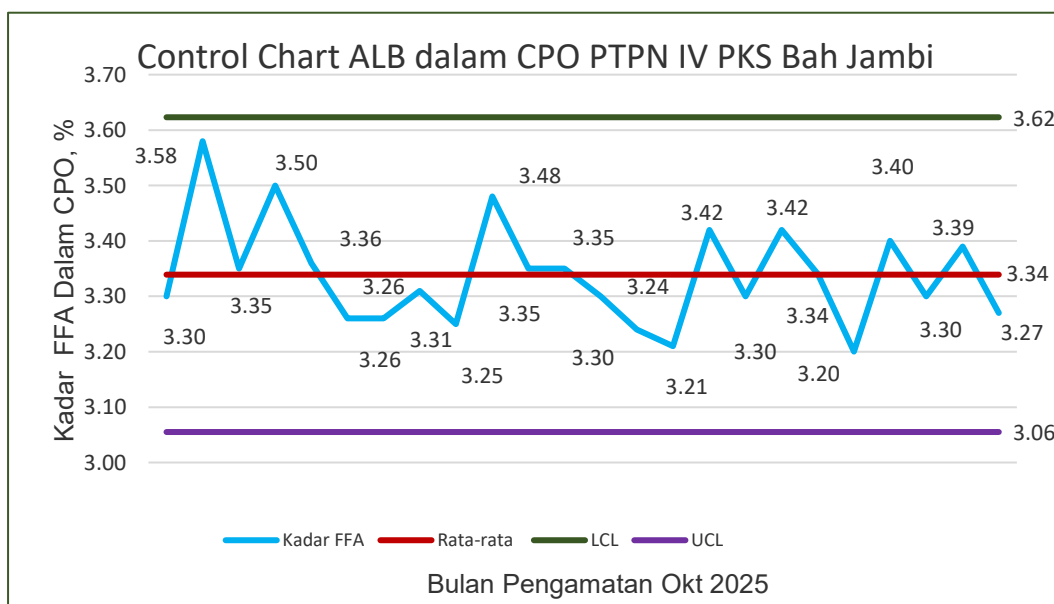
Hasil

Bagian hasil menyajikan analisis bertahap berdasarkan kerangka *Six Sigma DMAIC* yang meliputi evaluasi kestabilan proses menggunakan *control chart*, analisis hubungan variabel melalui regresi linier, identifikasi akar penyebab dengan *fishbone diagram*, serta penentuan prioritas perbaikan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Penyusunan hasil secara berurutan bertujuan memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi proses produksi CPO.

1. Analisis Control Chart

Analisis *control chart* menunjukkan bahwa variasi kadar Asam Lemak Bebas (ALB) masih berada pada kondisi proses yang belum stabil. Beberapa titik pengamatan berada mendekati batas kendali atas, yang menandakan adanya fluktuasi operasional selama periode produksi. Pola variasi ini menunjukkan bahwa proses produksi belum sepenuhnya berada dalam kondisi terkendali secara statistik dan masih dipengaruhi oleh faktor operasional tertentu.

Selain itu, tren nilai ALB yang berubah pada periode tertentu mengindikasikan adanya pengaruh variabel proses yang belum dikendalikan secara optimal. Kondisi tersebut menjadi dasar untuk melakukan analisis lanjutan guna mengidentifikasi faktor dominan yang mempengaruhi mutu produk.



Gambar 1. Control Chart Asam Lemak Bebas

2. Analisis Regresi Linier

Analisis regresi linier dilakukan untuk menguji hubungan antara waktu restan Tandan Buah Segar (TBS) terhadap peningkatan kadar ALB. Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan positif antara kedua variabel, di mana peningkatan waktu tunggu sebelum sterilisasi cenderung diikuti oleh kenaikan nilai ALB.

Temuan ini memberikan bukti kuantitatif bahwa faktor operasional memiliki kontribusi signifikan terhadap variasi mutu produksi. Hasil regresi juga memperkuat indikasi dari *control chart* yang menunjukkan adanya ketidakstabilan proses pada periode tertentu. Dengan demikian, regresi linier tidak hanya berfungsi sebagai alat analisis statistik, tetapi juga menjadi dasar dalam menentukan prioritas perbaikan pada tahap berikutnya.

| Regression Statistics | |
|-----------------------|-------------|
| Multiple R | 0.922919961 |
| R Square | 0.851781255 |
| Adjusted R Square | 0.820577309 |
| Standard Error | 0.039694701 |
| Observations | 24 |

| ANOVA | | | | | |
|------------|----|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | df | SS | MS | F | Significance F |
| Regression | 4 | 0.172045617 | 0.043011404 | 27.29722857 | 1.20847E-07 |
| Residual | 19 | 0.029937716 | 0.001575669 | | |
| Total | 23 | 0.201983333 | | | |

| | Coefficients | Standard Error | t Stat | P-value | Lower 95% | Upper 95% | Lower 95.0% | Upper 95.0% |
|-----------|--------------|----------------|-------------|-------------|--------------|------------|-------------|-------------|
| Intercept | 3.022418557 | 0.401065637 | 7.535969867 | 4.02378E-07 | 2.182978531 | 3.86185858 | 2.18297853 | 3.861858583 |
| X1 | 0.004018005 | 0.001282787 | 3.132247159 | 0.005485885 | 0.001333102 | 0.00670291 | 0.0013331 | 0.006702909 |
| X2 | 1.82029E-07 | 4.76798E-08 | 3.817743547 | 0.001161754 | 8.22342E-08 | 2.8182E-07 | 8.2234E-08 | 2.81824E-07 |
| X3 | 0.002033103 | 0.003159924 | 0.643402284 | 0.527653176 | -0.004580695 | 0.0086469 | -0.0045807 | 0.0086469 |
| X4 | 0.000739154 | 0.005987854 | 0.123442275 | 0.903053371 | -0.011793569 | 0.01327188 | -0.0117936 | 0.013271878 |
| Ftabel | 2.895107308 | | | | | | | |
| Fhitung | 27.29722857 | | | | | | | |

Gambar 2. Summary Output Regresi Linier

3. Identifikasi Penyebab Menggunakan *Fishbone Diagram*

Berdasarkan hasil analisis sebab-akibat, faktor dominan penyebab peningkatan ALB dikelompokkan ke dalam aspek manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan. *Fishbone diagram* menunjukkan bahwa waktu restan TBS serta stabilitas parameter sterilisasi merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap variasi mutu produk.

Selain itu, pengaturan aliran material pada *loading ramp* menjadi salah satu titik kritis yang mempengaruhi kestabilan proses produksi. Identifikasi penyebab melalui *fishbone diagram* memberikan gambaran visual mengenai hubungan antar faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan ALB.

Tabel 1. *Fishbone Diagram* Waktu Restan TBS dalam bentuk tabel dengan konsep 5 Why

| Kategori | Why 1 (Penyebab Awal) | Why 2 (Mengapa Hal Itu Terjadi) | Why 3 | Why 4 | Why 5 (Akar Penyebab Utama) |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Man (Manusia) | Operator menunda start Pabrik | Operator mengikuti SOP minimum load | SOP melarang operasi pada load rendah | Load rendah menyebabkan rebusan tidak merata dan steam boros | Operator terikat pada SOP eksisting yang belum mempertimbangkan aspek waktu tunggu maksimum |

| Kategori | <i>Why 1</i> (Penyebab Awal) | <i>Why 2</i> (Mengapa Hal Itu Terjadi) | <i>Why 3</i> | <i>Why 4</i> | <i>Why 5</i> (Akar Penyebab Utama) |
|------------------------------------|---|---|--|---|---|
| <i>Machine</i> (Mesin) | Pabrik menunggu TBS banyak sebelum <i>start</i> | Pabrik memiliki kapasitas besar dan minimum <i>load</i> | Suplai TBS per jam lebih kecil dari kapasitas Pabrik | Desain kapasitas pabrik lebih besar dibuat untukantisipasi panen raya | Kapasitas PKS terlalu besar dibanding suplai TBS |
| <i>Method</i> (Metode) | TBS tidak segera diproses meskipun tersedia | TBS mulai diolah berdasar kan stok minimum di <i>loading ramp</i> | <i>SOP</i> fokus pada efisiensi mesin | Waktu tunggu tidak dijadikan KPI utama | Tidak ada <i>SOP</i> pengendalian waktu tunggu maksimum |
| <i>Material</i> (TBS - Bahan Baku) | Banyaknya buah restan | TBS terlalu lama menunggu | Tidak ada prioritas umur TBS | | |
| <i>Measurement</i> (Pengukuran) | Waktu Restan TBS tidak dikendalikan | Tidak dimonitor secara <i>real time</i> | Pencatatan masih manual | Data tidak dianalisis harian | Tidak ada sistem <i>monitoring realtime</i> |
| <i>Environment</i> (Lingkungan) | Kedatangan TBS tidak merata | Panen dan pengangkutan tidak merata | Jalan kebun rusak dan cuaca | | |

4. Analisis Risiko Menggunakan FMEA

Tahap selanjutnya dilakukan analisis *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number (RPN)*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa variabel waktu restan memiliki tingkat risiko tertinggi dibandingkan faktor lainnya.

Nilai RPN yang tinggi menunjukkan bahwa keterlambatan pengolahan memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan ALB serta kestabilan mutu produk. Oleh karena itu, strategi perbaikan difokuskan pada pengendalian waktu tunggu dan peningkatan *monitoring* proses sterilisasi sebagai langkah utama dalam meningkatkan kapabilitas proses produksi.

Tabel 2. Perbandingan FMEA Kondisi Awal dan Sesudah *Improvement*

| No | Proses | Failure Mode | S Awal | O Awal | D Awal | RPN Awal | S Sesudah | O Sesudah | D Sesudah | RPN Sesudah | Penurunan Risiko |
|----|--|--|-----------|-----------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------------------|
| 1 | <i>Machine – Loading Ramp</i> | Menunggu <i>minimum load sterilizer</i> | 9 | 7 | 6 | 378 | 9 | 4 | 4 | 144 | ↓ 62% |
| 2 | <i>Method – Sterilizer</i> | TBS tidak segera diproses | 8 | 7 | 6 | 336 | 8 | 4 | 4 | 128 | ↓ 62% |
| 3 | <i>Man – Operator Rebusan</i> | Operator menunda <i>start sterilizer</i> | 8 | 6 | 6 | 288 | 8 | 3 | 4 | 96 | ↓ 67% |
| 4 | <i>Environment – Panen & Transport</i> | Kedatangan TBS tidak merata | 7 | 6 | 5 | 210 | 7 | 4 | 4 | 112 | ↓ 47% |
| 5 | <i>Material – Loading Ramp</i> | TBS lama tidak diprioritaskan | 8 | 5 | 6 | 240 | 8 | 3 | 5 | 120 | ↓ 50% |
| 6 | <i>Measurement – Monitoring</i> | Waktu restan TBS tidak termonitor | 7 | 6 | 7 | 294 | 7 | 3 | 3 | 63 | ↓ 79% |

Pembahasan

Hasil analisis *control chart* menunjukkan bahwa seluruh nilai Asam Lemak Bebas masih berada dalam batas kendali statistik, namun rata-rata proses berada di atas spesifikasi mutu yang ditetapkan. Kondisi ini menandakan bahwa proses produksi secara statistik stabil tetapi belum kapabel dalam memenuhi standar kualitas produk. Fenomena tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara stabilitas proses dan kemampuan proses menghasilkan mutu yang sesuai kebutuhan pelanggan, yang dalam pendekatan *Six Sigma* dikenal sebagai proses yang stabil namun tidak *capable*. Temuan ini sejalan dengan konsep kapabilitas proses yang menyatakan bahwa kestabilan statistik tidak selalu menjamin pemenuhan batas spesifikasi mutu.

Analisis regresi linier pada penelitian ini memperkuat hasil evaluasi awal dengan menunjukkan bahwa waktu restan Tandan Buah Segar dan Buah Restan memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan kadar Asam Lemak Bebas. Semakin lama buah menunggu dan banyaknya buah restan sebelum tahap sterilisasi, semakin besar potensi terjadinya degradasi minyak akibat aktivitas enzim lipase dan reaksi hidrolisis. Kondisi ini sesuai dengan karakteristik proses pengolahan CPO, di mana kualitas bahan baku sangat dipengaruhi oleh kecepatan penanganan pascapanen. Hasil ini juga menegaskan bahwa variabel operasional memiliki kontribusi dominan terhadap variasi mutu dibandingkan faktor lain seperti kadar air atau temperatur penyimpanan.

Temuan *fishbone diagram* menunjukkan bahwa penyebab peningkatan ALB tidak hanya berasal dari satu faktor tunggal, tetapi merupakan kombinasi antara aspek metode, material, mesin, dan

lingkungan kerja. Faktor metode, khususnya pengaturan aliran material pada *loading ramp* dan pengendalian waktu tunggu, menjadi penyebab utama yang memicu akumulasi buah restan. Dari sisi operasional, hal ini menunjukkan bahwa peningkatan mutu tidak cukup dilakukan melalui pengendalian parameter proses saja, tetapi juga memerlukan pengaturan sistem kerja yang lebih terintegrasi. Identifikasi akar penyebab melalui *fishbone diagram* memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai hubungan antar faktor yang memengaruhi kualitas CPO.

Selanjutnya, analisis *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat risiko. Hasil perhitungan *Risk Priority Number* menunjukkan bahwa variabel waktu restan dan buah restan memiliki tingkat risiko tertinggi, sehingga menjadi fokus utama dalam strategi peningkatan mutu. Pendekatan FMEA membantu mengarahkan tindakan perbaikan secara sistematis dan berbasis data, sehingga keputusan yang diambil tidak hanya berdasarkan asumsi operasional tetapi juga analisis risiko yang terukur. Integrasi antara *control chart*, regresi linier, *fishbone diagram*, dan FMEA menunjukkan bahwa *Six Sigma* mampu memberikan kerangka analisis yang komprehensif dalam menghubungkan variasi proses dengan kualitas produk.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa keterlambatan pengolahan TBS dan penumpukan buah restan merupakan faktor dominan yang menyebabkan peningkatan kadar Asam Lemak Bebas. Oleh karena itu, penguatan sistem pengendalian waktu tunggu serta stabilisasi proses sterilisasi menjadi strategi utama dalam meningkatkan kapabilitas proses produksi CPO. Pendekatan *Six Sigma* melalui siklus DMAIC memberikan landasan yang kuat untuk mengembangkan sistem pengendalian mutu berbasis data yang berkelanjutan di lingkungan industri kelapa sawit.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan melalui pendekatan *Six Sigma* dengan kerangka DMAIC pada proses produksi *Crude Palm Oil* di PKS Bah Jambi, dapat disimpulkan bahwa tingkat kapabilitas proses masih berada pada kategori rendah meskipun proses secara statistik relatif stabil. Analisis *control chart* menunjukkan bahwa seluruh nilai Asam Lemak Bebas berada dalam batas kendali statistik, namun rata-rata proses masih berada di atas spesifikasi mutu yang ditetapkan, sehingga proses belum mampu memenuhi standar kualitas secara konsisten. Kondisi ini menegaskan bahwa kestabilan proses tidak selalu mencerminkan kemampuan proses dalam menghasilkan produk sesuai spesifikasi yang diharapkan.

Hasil analisis regresi linier menunjukkan bahwa waktu restan Tandan Buah Segar memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kadar Asam Lemak Bebas. Semakin lama buah menunggu sebelum proses sterilisasi, semakin tinggi potensi terjadinya degradasi minyak akibat aktivitas enzimatis dan reaksi hidrolisis. Temuan ini memperkuat hasil evaluasi mutu yang

menunjukkan bahwa faktor operasional memiliki peran dominan dalam menentukan kualitas produk dibandingkan faktor lainnya. Dengan demikian, pengendalian waktu tunggu bahan baku menjadi aspek kritis dalam upaya peningkatan mutu produksi CPO.

Identifikasi penyebab menggunakan *fishbone diagram* menunjukkan bahwa peningkatan ALB dipengaruhi oleh kombinasi faktor metode, material, mesin, dan lingkungan kerja. Faktor metode, khususnya pengaturan aliran material dan manajemen waktu restan, menjadi penyebab utama yang memicu akumulasi buah restan. Sementara itu, hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa variabel waktu restan memiliki nilai risiko tertinggi berdasarkan *Risk Priority Number*, sehingga menjadi prioritas utama dalam strategi perbaikan. Integrasi antara *control chart*, regresi linier, *fishbone diagram*, dan FMEA menunjukkan bahwa pendekatan *Six Sigma* mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai hubungan antara variasi proses dan kualitas produk.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan kualitas CPO tidak hanya bergantung pada kondisi bahan baku, tetapi juga pada efektivitas sistem pengendalian proses produksi. Strategi perbaikan yang berfokus pada pengurangan waktu restan TBS, penguatan *monitoring* proses sterilisasi, serta penerapan pengendalian berbasis data berpotensi meningkatkan kapabilitas proses secara berkelanjutan. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis dalam pengembangan sistem pengendalian mutu berbasis *Six Sigma* pada industri kelapa sawit, sekaligus menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang mengintegrasikan sistem *monitoring real-time* untuk meningkatkan stabilitas proses produksi.

Daftar Pustaka

- Corley, R. H. V, & Tinker, P. B. (2016). *The oil palm* (5th ed.). Wiley-Blackwell.
- Gasperz, V. (2011). *Total quality management*. Gramedia Pustaka Utama.
- George, M. L. (2005). *Lean Six Sigma: Combining six sigma quality with lean production speed*. McGraw-Hill.
- Hasibuan, H. A. (2021). Free fatty acid formation in oil palm fruits during storage. *Journal of Oil Palm Research*, 33(2), 145–154.
- Jaya, A. (2025). Quality evaluation and causal analysis of crude palm oil processing. *Jurnal Teknologi Agroindustri Indonesia*, 17(1), 25–33.
- Ketaren, S. (2012). *Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan*. UI Press.
- Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to statistical quality control* (8th ed.). John Wiley & Sons.

Pahan, I. (2015). *Panduan lengkap kelapa sawit: Manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir*. Penebar Swadaya.

Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2000). *The six sigma way, chapter 12-identifying core processes and key customers*. McGraw Hill Professional.

Pyzdek, T., & Keller, P. (2018). *The Six Sigma handbook* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Sivasothy, K., Basiron, Y., & Tan, Y. A. (2005). Palm oil milling process and quality control. *Journal of Oil Palm Research*, 17(1), 1–12.

SNI 2901:2021 Minyak kelapa sawit mentah (CPO). (2021). Badan Standardisasi Nasional.

Tan, Y. A. (2023). Influence of processing delay on free fatty acid formation in crude palm oil. *Journal of Oil Palm Research*, 35(2), 145–154.

Wae-hayee, M. (2022). Minimizing water consumption in palm oil sterilization process. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129–137.