



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 15244-15251

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Analisis Pengendalian Kualitas CPO Menggunakan Metode Six Sigma di PT. Socfindo Matapao

Annisa Dillys Aqila, Siti Rahmah Sibuea, Bonar Harahap
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara
annisaqila26@gmail.com

Abstrak

Pengendalian kualitas menjadi aspek krusial dalam menjaga konsistensi mutu produk melalui pengendalian variasi proses dan penurunan tingkat cacat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapabilitas proses, tingkat kecacatan, serta mengidentifikasi faktor penyebab ketidaksesuaian mutu pada pengolahan Crude Palm Oil (CPO) di PT. Socfindo Matapao. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan penerapan Six Sigma melalui tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter Asam Lemak Bebas (ALB) merupakan Critical to Quality (CTQ) yang paling dominan, dengan penyebab utama kecacatan berasal dari faktor manusia, mesin, metode, bahan baku, dan lingkungan. Nilai Defect Per Million Opportunities (DPMO) sebesar 220.125,786 dan level sigma 2,27 menunjukkan bahwa proses masih berada pada tingkat kapabilitas menengah dan belum optimal. Meskipun demikian, nilai indeks kapabilitas proses ($Cpk > 1$) pada seluruh parameter menunjukkan bahwa proses telah memenuhi spesifikasi dan berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya variasi proses yang masih cukup tinggi sehingga berpotensi menghasilkan cacat. Kesimpulannya, pengendalian kualitas masih perlu ditingkatkan untuk menurunkan variasi dan cacat proses melalui pengendalian bahan baku Tandan Buah Segar (TBS), penerapan sistem First In First Out (FIFO), pemantauan proses secara real time, serta pemeliharaan mesin secara berkala guna mendukung peningkatan kinerja kualitas secara berkelanjutan.

Kata kunci: Quality Control, Six Sigma, Process Capability

1. Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan komoditas unggulan yang memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian Indonesia melalui ekspor dan pertumbuhan ekonomi nasional. Industri ini berperan penting dalam meningkatkan devisa negara serta menjadi salah satu sektor strategis dalam pembangunan ekonomi Indonesia [1].

Kualitas CPO ditentukan oleh beberapa parameter utama seperti kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran yang harus dikendalikan secara optimal. Ketidaksesuaian terhadap parameter tersebut dapat menyebabkan penurunan mutu produk serta berdampak pada nilai jual di pasar. Oleh karena itu, pengendalian kualitas menjadi aspek penting dalam menjaga konsistensi produk sesuai standar yang telah ditetapkan [2].

Pengendalian kualitas merupakan suatu sistem yang digunakan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi melalui proses pemantauan dan evaluasi secara berkelanjutan. Dalam industri *Crude Palm Oil* (CPO), penerapan pengendalian kualitas menjadi sangat penting karena kualitas produk sangat menentukan daya saing di pasar global. Metode seperti *Statistical Quality Control* (SQC) digunakan untuk memonitor, mengendalikan, serta menganalisis proses produksi agar tetap berada dalam batas kendali sehingga mampu meminimalkan cacat produk dan menjaga konsistensi mutu [3].

Dalam industri pengolahan CPO di pabrik kelapa sawit (PKS), variasi proses produksi sering terjadi akibat faktor manusia, mesin, metode, bahan baku, dan lingkungan kerja. Variasi tersebut dapat menyebabkan ketidaksesuaian mutu seperti peningkatan kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kotoran. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistematis seperti control chart dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi titik kritis serta mengendalikan sumber penyimpangan sehingga proses produksi dapat berjalan lebih stabil dan sesuai standar kualitas [4].

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam pengendalian kualitas adalah *Statistical Quality Control* (SQC), yang memanfaatkan alat statistik untuk memonitor stabilitas proses produksi. Selain itu, metode *Six Sigma* juga digunakan untuk mengurangi variasi proses dan tingkat kecacatan melalui pendekatan DMAIC sehingga mampu meningkatkan kapabilitas proses secara signifikan [5].

Penerapan metode *Statistical Quality Control* (SQC) dalam industri manufaktur, termasuk pengolahan minyak kelapa sawit, terbukti mampu mengidentifikasi penyimpangan proses secara cepat melalui penggunaan alat seperti peta kendali (*control chart*), diagram sebab-akibat, dan histogram. Pendekatan ini membantu perusahaan dalam menentukan titik kritis penyimpangan sehingga tindakan korektif dapat dilakukan secara tepat dan efektif [6].

Metode Six Sigma melalui tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) juga широко diterapkan dalam berbagai sektor industri karena mampu meningkatkan kualitas produk secara sistematis dan berbasis data. Pendekatan ini berfokus pada pengurangan variasi proses serta peningkatan kapabilitas proses secara berkelanjutan [7].

Integrasi antara SQC dan *Six Sigma* memberikan pendekatan yang lebih komprehensif dalam pengendalian kualitas, di mana SQC digunakan untuk pemantauan stabilitas proses, sedangkan *Six Sigma* digunakan untuk perbaikan berkelanjutan. Kombinasi ini terbukti mampu meningkatkan performa proses produksi serta mengurangi tingkat kecacatan produk secara signifikan [8].

Dalam industri kelapa sawit, pengendalian kualitas yang efektif tidak hanya berdampak pada peningkatan mutu produk, tetapi juga berpengaruh terhadap efisiensi operasional dan pengurangan biaya produksi. Produk yang tidak memenuhi standar kualitas dapat meningkatkan biaya kegagalan serta menurunkan daya saing di pasar global [9].

Oleh karena itu, penelitian mengenai penerapan metode SQC dan *Six Sigma* dalam pengendalian kualitas CPO menjadi penting untuk dilakukan guna menganalisis kapabilitas proses, mengidentifikasi faktor penyebab ketidaksesuaian mutu, serta memberikan rekomendasi perbaikan yang berkelanjutan [10].

Meskipun berbagai metode pengendalian kualitas telah banyak diterapkan, kondisi nyata di industri pengolahan CPO di Indonesia menunjukkan bahwa masih terdapat berbagai kendala dalam menjaga konsistensi mutu produk. Pengendalian mutu *Crude Palm Oil* (CPO) di pabrik kelapa sawit (PKS) di Indonesia umumnya berfokus pada parameter utama seperti kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran, yang secara langsung mempengaruhi stabilitas, umur simpan, serta nilai jual produk di pasar global. Variasi pada parameter tersebut seringkali disebabkan oleh faktor proses produksi dan penanganan bahan baku yang tidak konsisten sehingga diperlukan analisis kualitas berbasis data untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan [11].

Dalam praktiknya, implementasi sistem pengendalian kualitas di pabrik kelapa sawit (PKS) di Indonesia melibatkan kombinasi metode seperti *Standard Operating Procedures* (SOP), pengujian laboratorium, serta penggunaan *Statistical Quality Control* (SQC) untuk memastikan kualitas *Crude Palm Oil* (CPO) tetap sesuai dengan standar perusahaan dan regulasi yang berlaku. Pendekatan ini digunakan untuk memonitor dan mengendalikan parameter mutu utama seperti kadar asam lemak bebas, kadar air, dan kadar kotoran agar tetap berada dalam batas spesifikasi yang ditetapkan. Namun demikian, tantangan yang sering dihadapi meliputi masih adanya variasi proses yang menyebabkan beberapa parameter kualitas berada di luar batas kendali serta perlunya peningkatan sistem pengendalian yang lebih terintegrasi dan berbasis data dalam proses produksi [12].

Selain itu, penerapan *Quality Control* (QC) secara menyeluruh dari bahan baku hingga produk akhir menunjukkan bahwa sistem pengawasan yang terstruktur dapat menjaga konsistensi mutu CPO sesuai standar nasional maupun internasional. Meskipun demikian, faktor eksternal seperti kualitas tandan buah segar (TBS) dan efisiensi proses produksi masih menjadi kendala yang mempengaruhi hasil akhir produksi [13].

Lebih lanjut, pendekatan *Statistical Quality Control* (SQC) yang diterapkan pada industri CPO di Indonesia menunjukkan bahwa metode ini mampu mengidentifikasi jenis kecacatan dominan serta membantu dalam pengendalian proses produksi secara statistik. Namun, masih ditemukan adanya variasi proses yang berada di luar batas kendali, sehingga diperlukan integrasi dengan metode perbaikan berkelanjutan seperti *Six Sigma* untuk meningkatkan kapabilitas proses secara optimal [14].

Pengembangan metode pengendalian kualitas pada industri CPO di Indonesia juga mulai mengarah pada integrasi pendekatan berbasis data dan teknologi, seperti penggunaan *Statistical Quality Control (SQC)* yang dikombinasikan dengan logika *fuzzy* untuk meningkatkan akurasi analisis terhadap data yang bersifat tidak pasti. Pendekatan ini dinilai mampu memberikan keputusan yang lebih fleksibel dalam menentukan kondisi proses produksi, terutama dalam menghadapi variasi mutu bahan baku dan kondisi operasional di pabrik kelapa sawit. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pengendalian kualitas yang lebih adaptif dan berbasis data pada industri pengolahan CPO di Indonesia [15].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kualitas Crude Palm Oil (CPO) menggunakan metode *Statistical Quality Control (SQC)* dan *Six Sigma* guna mengetahui tingkat kapabilitas proses, mengidentifikasi faktor penyebab ketidaksesuaian mutu, serta memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat meningkatkan kualitas produk secara berkelanjutan pada industri pabrik kelapa sawit.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode Six Sigma melalui tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk mengendalikan dan meningkatkan kualitas *Crude Palm Oil (CPO)*. Penelitian dilakukan di PT. Socfindo Matapao dengan objek penelitian berupa produk CPO yang dianalisis berdasarkan tiga parameter kualitas utama, yaitu kadar Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acid/FFA* $\leq 2,30\%$), kadar air ($\leq 0,15\%$), dan kadar kotoran ($\leq 0,05\%$).

Data yang digunakan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses produksi serta wawancara dengan operator dan pihak terkait. Data sekunder berupa data historis kualitas CPO selama periode pengamatan yang digunakan sebagai sampel penelitian. Pengambilan data dilakukan secara periodik sesuai dengan hasil pengujian laboratorium perusahaan.

Tahap Define dilakukan dengan mengidentifikasi karakteristik kualitas *kritis (Critical to Quality/CTQ)* dan jenis cacat yang terjadi. Tahap Measure meliputi pengukuran kinerja proses menggunakan perhitungan *Defects Per Million Opportunities (DPMO)* dan tingkat sigma, serta analisis kapabilitas proses. Pada tahap *Analyze*, dilakukan identifikasi akar penyebab cacat menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) berdasarkan faktor manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan.

Tahap Improve dilakukan dengan merumuskan usulan perbaikan untuk mengurangi variasi proses dan tingkat cacat berdasarkan hasil analisis penyebab. Selanjutnya pada tahap Control, dilakukan penyusunan rekomendasi pengendalian kualitas untuk memastikan perbaikan yang diusulkan dapat diterapkan secara berkelanjutan.

Metode analisis yang digunakan mengacu pada teknik *Statistical Quality Control (SQC)* dan *Six Sigma* yang telah mapan dalam pengendalian kualitas industri, sehingga memungkinkan penelitian ini direplikasi pada kondisi dan objek yang serupa.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Kinerja Kualitas CPO Berdasarkan Parameter CTQ

Evaluasi kualitas *Crude Palm Oil (CPO)* dilakukan terhadap tiga parameter utama *Critical to Quality (CTQ)*, yaitu kadar Asam Lemak Bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran berdasarkan data periode September–Oktober 2025. Ringkasan hasil pengolahan data disajikan pada tabel 1.

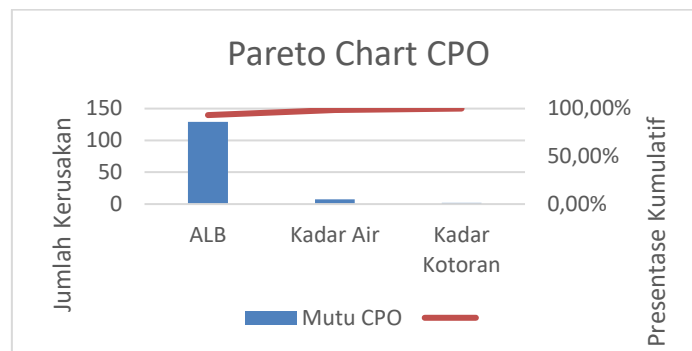
Tabel 1. Ringkasan Parameter Kualitas CPO

Parameter	Rata-Rata	Standar Perusahaan	Keterangan
Kadar ALB	2,44	$\leq 2,30\%$	Tidak memenuhi
Kadar Air	0,44	$\leq 0,15\%$	Memenuhi
Kadar Kotoran	0,04	$\leq 0,05\%$	Memenuhi

Berdasarkan tabel 1, terlihat bahwa hanya parameter ALB yang tidak memenuhi standar mutu perusahaan, sedangkan kadar air dan kotoran masih berada dalam batas yang diperbolehkan. Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan kualitas CPO tidak bersifat menyeluruh, melainkan terfokus pada satu parameter kritis. Hasil ini

menunjukkan bahwa parameter ALB menjadi sumber utama ketidaksesuaian kualitas, sedangkan kadar air dan kotoran masih berada dalam batas spesifikasi. Secara substantif, temuan ini menegaskan bahwa masalah kualitas CPO di perusahaan bukan bersifat menyeluruh, melainkan terfokus pada degradasi kimia minyak (ALB). Peningkatan ALB berkaitan erat dengan proses hidrolisis trigliserida akibat keterlambatan pengolahan atau kondisi bahan baku yang kurang baik. Temuan ini memperkuat bahwa dalam industri CPO, pengendalian kualitas tidak cukup dilakukan secara umum, tetapi harus berbasis pada parameter kritis (CTQ-driven quality control). Dominasi kecacatan pada parameter ALB juga diperkuat oleh diagram Pareto pada Gambar 1, yang menunjukkan bahwa kontribusi terbesar terhadap defect berasal dari parameter tersebut. Secara analitis, hal ini mengindikasikan bahwa upaya peningkatan kualitas harus difokuskan pada pengendalian ALB sebagai prioritas utama.

Kondisi ini menunjukkan bahwa degradasi kualitas CPO lebih banyak dipengaruhi oleh reaksi hidrolisis minyak yang meningkatkan kadar ALB, dibandingkan oleh kontaminasi fisik (kotoran) atau kandungan air. Dengan demikian, pengendalian mutu seharusnya difokuskan pada parameter kritis yang paling berpengaruh terhadap kualitas produk.



Gambar 1. Diagram Pareto CPO

Peningkatan ALB berkaitan erat dengan proses hidrolisis trigliserida yang dipengaruhi oleh waktu pengolahan, suhu, dan kondisi bahan baku. Dengan demikian, temuan ini menegaskan bahwa kualitas CPO lebih sensitif terhadap faktor kimia dibandingkan faktor fisik seperti kadar air dan kotoran.

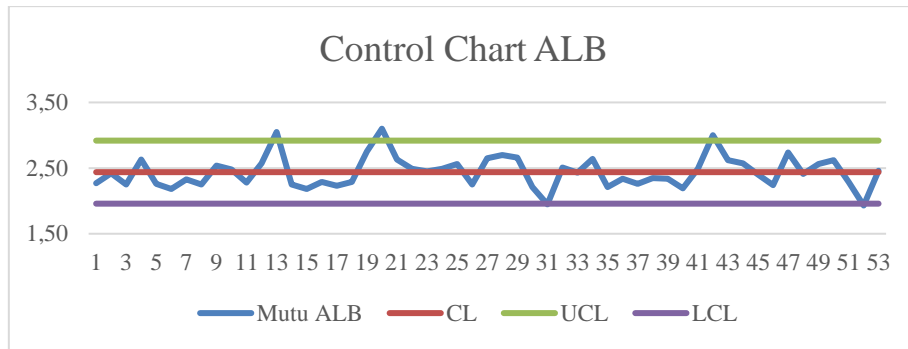
3.2. Stabilitas Proses dan Variasi Produksi

Stabilitas proses dianalisis menggunakan peta kendali untuk mengidentifikasi apakah variasi proses masih berada dalam batas kendali statistik. Ringkasan hasil analisis stabilitas proses disajikan pada Tabel 2, sedangkan visualisasi peta kendali ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Evaluasi Stabilitas Proses

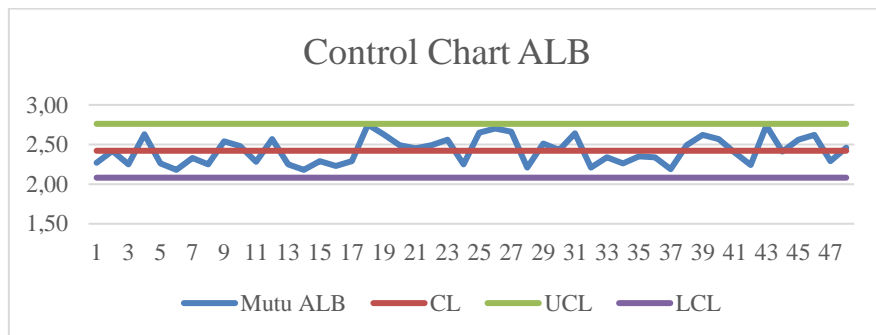
Parameter	Status Kendali	Keterangan
Kadar ALB	Tidak sepenuhnya stabil	Terdapat titik di luar batas kendali
Kadar Air	Stabil	Dalam batas kendali
Kadar Kotoran	Stabil	Dalam batas kendali

Berdasarkan Tabel 2 parameter kadar air dan kadar kotoran menunjukkan kondisi stabil karena seluruh data berada dalam batas kendali statistik. Sebaliknya, parameter ALB menunjukkan adanya beberapa titik di luar batas kendali sebagaimana terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Control Chart ALB

Pada Gambar 2 terlihat bahwa terdapat beberapa titik data yang berada di luar batas kendali atas (UCL), yang mengindikasikan adanya variasi proses yang tidak normal (special cause variation). Setelah dilakukan revisi peta kendali pada Gambar 3 sebagian besar data berada dalam batas kendali, menunjukkan bahwa proses secara statistik dapat dikatakan terkendali.



Gambar 3. Revisi Control Chart ALB

Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun proses produksi secara umum berjalan stabil, namun masih terdapat gangguan tertentu yang menyebabkan ketidakkonsistenan kualitas, khususnya pada parameter ALB. Variasi tersebut kemungkinan disebabkan oleh faktor khusus (special cause variation) yang tidak terkontrol. Kondisi ini menegaskan bahwa stabilitas proses merupakan syarat awal, tetapi belum cukup untuk menjamin kualitas produk. Proses yang stabil belum tentu menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi, sehingga diperlukan analisis lanjutan terhadap kapabilitas proses.

3.3. Kapabilitas Proses dan Kinerja Six Sigma

Analisis kapabilitas proses dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan proses produksi dalam memenuhi spesifikasi mutu yang telah ditetapkan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa parameter Asam Lemak Bebas (ALB) memiliki nilai C_p sebesar 1,21 dan C_{pk} sebesar 1,16, yang mengindikasikan bahwa proses berada pada kategori cukup baik namun masih memiliki keterbatasan dalam menjaga konsistensi terhadap batas spesifikasi. Sementara itu, parameter kadar air menunjukkan nilai C_p sebesar 1,56 dan C_{pk} sebesar 1,11, serta kadar kotoran memiliki nilai C_p sebesar 1,58 dan C_{pk} sebesar 1,03. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa kedua parameter terakhir memiliki tingkat kapabilitas proses yang lebih baik dibandingkan ALB, dengan variasi proses yang relatif lebih kecil dan lebih terkendali.

Meskipun demikian, hasil perhitungan kinerja Six Sigma menunjukkan bahwa nilai Defect Per Million Opportunities (DPMO) sebesar 220.125,786 dengan level sigma sebesar 2,27. Nilai ini mengindikasikan bahwa proses produksi masih berada pada tingkat kapabilitas menengah dan belum mencapai standar industri kelas dunia. Dengan kata lain, meskipun proses secara statistik mampu memenuhi spesifikasi (ditunjukkan oleh nilai $C_{pk} > 1$), namun tingkat kecacatan yang dihasilkan masih cukup tinggi.

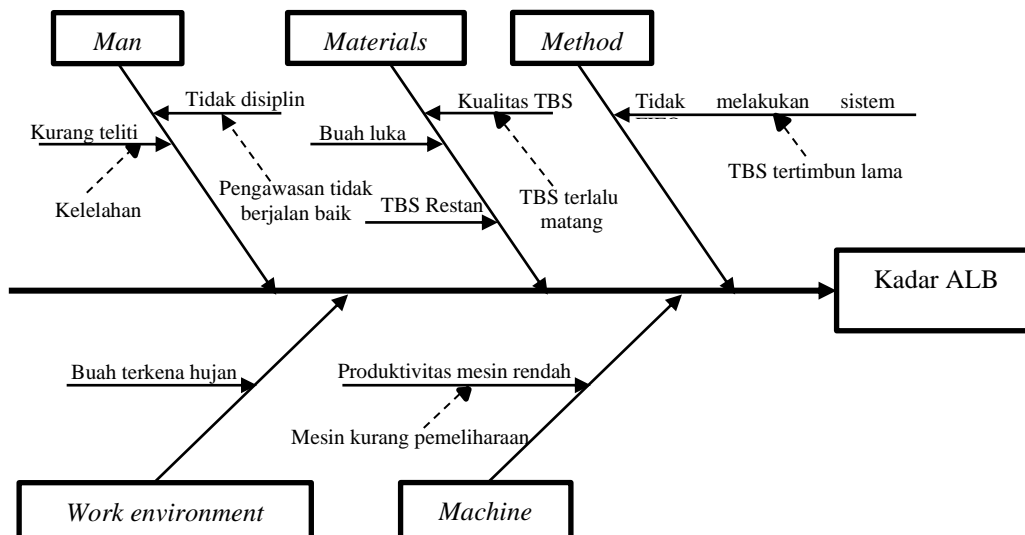


Gambar 4. Kapabilitas Proses Kadar ALB

Gambar 4 menunjukkan bahwa distribusi data ALB cenderung mendekati batas spesifikasi atas (USL). Kondisi ini menandakan bahwa margin toleransi proses relatif sempit, sehingga peningkatan variasi yang kecil sekalipun berpotensi menyebabkan produk keluar dari spesifikasi yang ditetapkan. Dengan demikian, parameter ALB tidak hanya menjadi sumber utama defect, tetapi juga merupakan indikator keterbatasan performa proses secara keseluruhan. Temuan ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kapabilitas proses dan kinerja kualitas. Secara teoritis, proses dapat dikatakan capable karena memenuhi batas spesifikasi, namun belum reliable karena belum mampu menghasilkan kualitas secara konsisten. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengurangan variasi proses untuk meningkatkan level sigma dan menurunkan tingkat kecacatan secara signifikan.

3.4. Analisis Penyebab Kecacatan

Identifikasi akar penyebab dilakukan menggunakan diagram sebab akibat untuk mengetahui faktor dominan yang mempengaruhi kualitas.



Gambar 5. Diagram Sebab Akibat Kadar Asam Lemak Bebas

Berdasarkan Gambar 4 faktor bahan baku merupakan penyebab dominan tingginya kadar ALB. Keterlambatan pengolahan TBS menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis yang meningkatkan kadar asam lemak bebas. Selain itu, faktor metode dan mesin juga berkontribusi terhadap variasi kualitas, khususnya terkait pengendalian suhu dan sistem kerja yang belum optimal. Faktor manusia dan lingkungan turut memperkuat kompleksitas permasalahan kualitas. Temuan ini menunjukkan bahwa permasalahan kualitas bersifat sistemik dan melibatkan interaksi antar faktor produksi. Oleh karena itu, perbaikan kualitas harus dilakukan secara menyeluruh, tidak hanya pada satu aspek tertentu.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kapabilitas proses pengolahan Crude Palm Oil (CPO) di PT. Socfindo Matapao secara umum berada dalam kondisi terkendali dan telah memenuhi spesifikasi perusahaan, yang ditunjukkan oleh nilai indeks kapabilitas proses ($Cpk > 1$) pada parameter ALB, kadar air, dan kadar kotoran. Namun demikian, parameter ALB masih berada pada kategori cukup baik dengan nilai Cp sebesar 1,21, sehingga memerlukan pengendalian yang lebih konsisten dibandingkan parameter lainnya yang relatif lebih stabil. Selain itu, nilai rata-rata DPMO sebesar 220.125,786 dan level sigma sebesar 2,27 menunjukkan bahwa kinerja proses masih berada pada tingkat menengah dan belum mencapai standar industri kelas dunia. Dengan demikian, tujuan penelitian dalam mengevaluasi kapabilitas proses dan tingkat kualitas produksi telah tercapai, sekaligus menjawab bahwa permasalahan utama kualitas terletak pada parameter ALB sebagai faktor kritis. Secara praktis, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya pengendalian kualitas berbasis pendekatan Six Sigma melalui identifikasi akar penyebab yang meliputi faktor manusia, mesin, metode, bahan baku, dan lingkungan, serta penerapan perbaikan berkelanjutan melalui siklus DMAIC. Implikasi teoritisnya menunjukkan bahwa kapabilitas proses saja belum cukup merepresentasikan kinerja kualitas tanpa mempertimbangkan tingkat variasi dan defect melalui analisis sigma. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan pada ruang lingkup data yang hanya mencakup periode tertentu serta berfokus pada parameter kualitas utama, sehingga belum menggambarkan dinamika proses secara lebih luas. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi berkelanjutan dan pengembangan penelitian lanjutan untuk meningkatkan akurasi dan keberlanjutan perbaikan kualitas.

Referensi

- [1] Bonaraja Purba, Dwi Atika Zahra, Khairunnisa Umi Almas, Sabrina Erisa Aulia Sihotang, and Siti Mardiah, 'PENGARUH EKSPOR MINYAK KELAPA SAWIT TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI INDONESIA TAHUN 2014-2023', *Economicus*, vol. 15, no. 2, pp. 01–10, Jun. 2025.
<https://doi.org/10.47860/economicus.v15i2.1>
- [2] R. S. Sitinjak, M. Banjarnahor, and Y. Delvika, 'Analisis Pengendalian Mutu Minyak Sawit Dengan Metode SQC Pada PKS PT. Perkebunan Nusantara IV Adolina', *JITMI*, vol. 1, no. 2, pp. 81–86, Jan. 2023.
<https://doi.org/10.31289/jitmi.v1i2.1464>
- [3] L. Murjana and W. Handayani, 'Analisis Pengendalian Kualitas Crude Palm Oil (CPO) dengan Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) pada PT Sapta Karya Damai Kalimantan Tengah', *WIDYAKALA JOURNAL*, vol. 9, no. 1, p. 47, Mar. 2022.
<https://doi.org/10.36262/widyakala.v9i1.506>
- [4] A. Syafrianti, Z. Lubis, and J. Elisabeth, 'Study of Crude Palm Oil (CPO) Handling and Storage Process in Palm Oil Mills in an Effort to Improve CPO Quality and Reduce the Risk of Contaminants Formation', *J. Food Pharm. Sci*, pp. 461–470, Jul. 2021.
<https://doi.org/10.22146/jfps.2091>
- [5] Y. Karlina, L. S. Syifa Tanjung, and H. Adeswastoto, 'ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI CRUDE PALM OIL (CPO) MENGGUNAKAN PENDEKATAN LEAN SIX SIGMA (Studi Kasus: PT. Langgak Inti Lestari)', *JISTIN*, vol. 9, no. 2, pp. 36–45, Dec. 2025.
<https://doi.org/10.32524/saintek.v9i2.1742>
- [6] Z. Xu, W. Huang, Z. Li, L. Hu, and P. Lu, 'Nonlinear Nonsingular Fast Terminal Sliding Mode Control Using Deep Deterministic Policy Gradient', *Applied Sciences*, vol. 11, no. 10, p. 4685, May 2021.
<https://doi.org/10.3390/app11104685>
- [7] H. Urbancová, P. Vrabcová, M. Hudáková, and G. J. Petrů, 'Effective Training Evaluation: The Role of Factors Influencing the Evaluation of Effectiveness of Employee Training and Development', *Sustainability*, vol. 13, no. 5, p. 2721, Mar. 2021.
<https://doi.org/10.3390/su13052721>
- [8] C. Schröer, 'Towards Microservice Identification Approaches for Architecting Data Science Workflows', *Procedia Computer Science*, vol. 181, pp. 519–525, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.198>
- [9] A. C. Fornereto Soldan, S. Arvelos, É. O. Watanabe, and C. E. Hori, 'Supercritical fluid extraction of oleoresin from Capsicum annuum industrial waste', *Journal of Cleaner Production*, vol. 297, p. 126593, May 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126593>
- [10] K. Chen *et al.*, 'Risk Classification of Shale Gas Gathering and Transportation Pipelines Running through High Consequence Areas', *Processes*, vol. 10, no. 5, p. 923, May 2022.
<https://doi.org/10.3390/pr10050923>
- [11] J. D. Jaya and Khairiah, 'Quality Evaluation and Causal Analysis of Crude Palm Oil Based on Critical Quality Parameters: Free Fatty Acids, Moisture, and Impurities', *JTAI*, vol. 12, no. 1, pp. 20–30, Jun. 2025.
<https://doi.org/10.34128/jtai.v12i1.227>

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i1.8124>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

- [12] S. Marselina, La Ode Ahmad Safar, and Suwardi Gunawan, 'Analisis Pengendalian Kualitas Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus: PT. XYZ)', *JATRI*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, Mar. 2025.
<https://doi.org/10.30872/jatri.v3i1.1340>
- [13] Y. F. Fitri and A. Hasibuan, 'Quality Control (Qc) Cpo dan Implementasi dalam Menjamin Kualitas Mutu Produk Pt Industri Nabati Lestari Simalungun Sumatera Utara', *Inovasi Global Jurnal*, vol. 3, no. 1, pp. 68–76, Jan. 2025.
<https://doi.org/10.58344/jig.v3i1.253>
- [14] H. Dewi and A. S. Yannimar, 'ANALISA PENGENDALIAN MUTU PRODUKSI CRUDE PALM OIL (CPO) MENGGUNAKAN METODE STATISTICAL QUALITY CONTROL (SQC)', *jtp*, vol. 12, no. 1, pp. 20–32, Jul. 2023.
<https://doi.org/10.32520/jtp.v12i1.2594>
- [15] D. Auliya Ramadhani, R. S. Lubis, and R. Widyasari, 'Penerapan Logika Fuzzy Pada Pengendalian Mutu Minyak Kelapa Sawit dengan Metode Statistical Quality Control di PKS Ptpn II Pagar Merbau', *Proximal*, vol. 8, no. 4, pp. 1105–1114, Nov. 2025.
<https://doi.org/10.30605/proximal.v8i4.7151>