JRSIM Jurnal Rekayasa Sistem Industri & Manajemen
ISSN : 2987-7938

Pengendalian Kualitas *Palm Kernel Oil* (PKO) Menggunakan Metode *Six Sigma* Di PT. Letawa

Bulqis Syam[1]*, Nurhayati Rauf [2], Ahmad Padhil[3]
[1,2,3]Program Studi Teknik Industri, Universitas Muslim Indonesia Makassar
Email: bulqissyam25@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 14 Januari 2024
Diperbaiki: 23 Februari 2024
Disetujui: 30 Maret 2024

ABSTRAK

PT. Letawa merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan minyak kelapa sawit dan salah satu produksi perusahaan adalah minyak *Palm Kernel Oil* (PKO), agar bisa bersaing di pasaran, perusahaan berusaha terus meningkatkan kualitas dengan menekan angka produk *out of spesification* (*outspec*). Namun, masih terjadi ketidak sesuaian dengan spesifikasi standar yang telah ditetapkan perusahaan karena tingginya persentase data yang tidak sesuai dengan kualitas PKO diantaranya kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi indikator penyebab tingginya persentase data yang tidak sesuai dengan kualitas PKO menggunakan metode six sigma. Six sigma ada lima fase untuk meningkatkan kualitas yaitu *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, *Control*. Menggunakan metode six sigma diketahui outspec pada proses produksi bulan April – Desember 2022 berturut – turut sebesar 5.6%, 6%, 6.5%, 6.2%, 5%, 4.9%, 5%, 5.3%, 5%. Adapun faktor yang mempengaruhi kualitas PKO adalah asam lemak bebas (FFA) dengan jumlah 15,52%, kadar air 37,65%, dan kadar kotoran 46,81%, dimana kotoran yang menjadi faktor utama dalam penurunan kualitas PKO.
Kata Kunci: Palm Kernel Oil, Quality Control, Outspec product, Six Sigma.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah Lisensi Internasional CC BY 4.0© JRSIM (2024)

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, untuk menghasilkan produk yang bernilai jual tinggi, kualitas produk perlu dijaga agar sesuai standar yang ditetapkan perusahaan. Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa dari pemasaran, pemeliharaan, desain, harga, dan daya tahan ketersediaan produk yang membuat produk dan jasa dapat digunakan sesuai standar yang ditetapkan. Dikarenakan kualitas merupakan karakteristik produk, maka kualitas memegang aspek penting dalam keputusan pembelian suatu barang atau jasa [1].

Perkembangan Industri kelapa sawit saat ini di Indonesia sedang meningkat., karena kelapa sawit merupakan salah satu tanaman unggulan yang menghasilkan minyak sawit dan menjadi sumber devisa bagi negara Indonesia [2]. Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman penghasil minyak nabati yang memiliki banyak kegunaan bagi kehidupan manusia baik sebagai bahan bakar maupun untuk dikonsumsi. Buah sawit menghasilkan dua jenis minyak yang berbeda yaitu CPO (*Crude Palm Oil*) yang merupakan minyak sawit mentah dan PKO (*Palm Kernel Oil*) minyak inti sawit [3].

PT. LETAWA merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan kelapa sawit di kabupaten Pasangkayu, Provinsi Sulawesi Barat, merupakan anak perusahaan dari PT. Astra Agro Lestari (AAL) Grup Tbk Area Celebes (C1). Beroperasi pada tahun 1995, dengan luas lahan perkebunan 7.101 hektar. PT. LETAWA Menjadi salah satu perusahaan sawit dengan beberapa produknya yakni memproduksi *Crude Palm Oil* (CPO), *Palm Kernel Oil* (PKO), cangkang, fiber dan tandan kosong kelapa sawit.

Persentase outspec pada proses produksi bulan April – Desember 2022 berturut – turut sebesar 5.6%, 6%, 6.5%, 6.2%, 5%, 4.9%, 5%, 5.3%, 5% dengan rata – rata total produksi bulan Maret – Oktober 2022 sebesar 717.927 ton, 1.059.968 ton, 1.002.073 ton, 941.130 ton, 907.169 ton, 998.606 ton, 932.838 ton, 942.681 ton, batas standar kualitas PKO di PT.LETAWA yaitu 5%. Terdapat beberapa karakteristik yang menjadi ukuran mutu PKO yaitu FFA (*Free Fatty Acid*) atau asam lemak bebas, *moisture* (Kadar Air) dan *dirt* (Kadar Kotoran) [4]. Sehingga dari data tersebut masih terjadi ketidak sesuaian dengan spesifikasi standar yang telah ditetapkan Perusahaan karena tingginya persentase data yang tidak sesuai dengan kualitas PKO.

Standar kualitas yang ditetapkan perusahaan dijadikan sebagai acuan mutu *Palm Kernel Oil* yang di produksi PT.LETAWA. Kualitas PKO yang dihasilkan kadang kala tidak memenuhi spesifikasi standar kualitas yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukannya penerapan suatu sistem pengendalian kualitas agar dapat mengurangi terjadinya kecacatan produksi yang terjadi di perusahaan. Standar mutu PKO (SNI 01-0003-1987(1987)) kadar ALB maksimal 5.00, kadar air maksimal 0.05, kadar kotoran 0.45. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam menangani standar kualitas yaitu six sigma [5].

Six Sigma merupakan sebuah metode yang digunakan untuk memperbaiki suatu proses dengan memfokuskan pada kegiatan untuk memperkecil variasi proses yang terjadi sekaligus mengurangi cacat produksi dengan menggunakan analisis statistic [6]. Secara sederhana six sigma dapat diartikan sebagai suatu proses yang mempunyai kemungkinan (probabilitas) kecacatan sebesar 0,00034% atau 3,4 unit kecacatan dalam satu juta unit yang diproduksi [7].

Berdasarkan urgensi permasalahan yang dikemukakan perlu adanya perbaikan kualitas terhadap produksi dalam mengurangi ketidaksesuai kualitas PKO dengan menggunakan metode six sigma. Metode six sigma bertujuan untuk meningkatkan daya saing dengan menghilangkan variasi dan cacat produk sehingga dapat meningkatkan keuntungan Perusahaan. Metode ini dianggap andal oleh banyak peneliti dan sudah banyak diterapkan pada banyak sektor produk manufaktur. Selain sebagai metode, six sigma juga dianggap sebagai metodologi karena berupa tahapan terstruktur untuk mencapai peningkatan kualitas [8]

METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat Penelitian
   Tempat penelitian dilakukan di PT. Letawa berlokasi di Desa Makmur Jaya, Kecamatan Tikke Raya, Kabupaten Pasangkayu, Provinsi Sulawesi Barat. Waktu penelitian yaitu selama satu bulan.

2. Metode Pengumpulan Data
   Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi dengan mengamati sistem dan cara kerja karyawan yang ada, mengamati proses produksi dari awal hingga akhir, dan kegiatan pengendalian kualitas, serta dokumentasi yang diperoleh berupa laporan kegiatan produksi, laporan jumlah produksi, laporan jenis kecacatan produksi.
3. Jenis dan Sumber Data
   a. Jenis data, jenis data yang digunakan yaitu data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif yaitu data berupa data alur proses produksi *Palm Kernel Oil* (PKO) berupa gambaran mengenai PKO di PT. Letawa. Sedangkan data kuantitatif yaitu data berupa data jumlah produksi dan data jenis ketidaksesuaian (data kadar air, kadar kotoran dan kadar FFA (*Free Fatty Acid*) produksi *Palm Kernel Oil* (PKO) di PT. Letawa.
   b. Sumber data, data penelitian ini menggunakan data sekunder, merupakan data yang diperoleh secara langsung atau tidak langsung dari objek lokasi tempat penelitian yang merupakan data tambahan akan tetapi mendukung jalannya penelitian.
4. Metode Analisis Data
   a. Tahap *Define*. Pada tahap ini di tentukan *Critical to Quality* (CTQ) dan mengamati alur produksi melalui diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) [9].
   b. Tahap *Measure* (pengukuran). Untuk mengukur permasalahan yang ada dapat dilakukan perhitungan *Defect per Million Opportunities* (DPMO) untuk mengukur kinerja perusahaan pada saat ini. Perhitungan DPMO dan nilai sigma dilakukan berdasarkan penentuan CTQ. Adapun rumus untuk melakukan perhitungan nilai DPOM: [9].
   $$\frac{Jumlah\ Defect}{jumlah\ Produksi \times CTQ} \times 1.000.000$$
   c. Tahap *Analyze* (Analisa). Pada DMAIC berfungsi untuk memberikan masukan atas prioritas dalam upaya penanggulangan penyebab masalah, memperlihatkan dampak dari kegagalan proses dan produk akhir terhadap konsumen, menguraikan penyebab kegagalan hingga sampai akar penyebab permasalahan dan memberikan masukan bagi upaya improvisasi [9].
   d. Tahap *Improve* (perbaikan). Dalam tahap ini tim peningkatan kualitas Six Sigma harus memutuskan apa yang harus dicapai (berkaitan dengan target yang ditetapkan).
   e. Tahap *Control* (control). Merupakan tahapan meningkatkan kualitas dengan memastikan tingkat baru kinerja dalam kondisi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan [10].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Six Sigma merupakan metode untuk meningkatkan produktivitas. Six Sigma dapat membantu perusahaan untuk mengatasi permasalahan dalam menghilangkan variasi produk atau menekan jumlah produk ketidaksesuaian dalam produksi. Adapun langkah – langkah dalam pengolahan data ini menggunakan tahapan DMAIC (*Define, Masure, Analyze, Improve, Control).*

TAHAP *DEFINE*

Berdasarkan objek penelitian yaitu Palm Kernel Oil (minyak kernel sawit) di PT.LETAWA terdapat 3 karakteristik penyebab ketidaksesuaian. Analisis hasil pengolahan data dari karakteristik ketidaksesuaian pada tahap *define* yaitu:

1. Kadar kotoran. Terbagi menjadi beberapa faktor yang meliputi: Pada faktor mesin, tangki penyimpanan kotor sehingga dapat menambah kotoran pada minyak PKO. Rusaknya blower pada mesin Depericarper diakibatkan oleh kesalahan pengaturan mesin oleh operator sehingga tidak mesin tersebut tidak dapat menghisap kotoran dengan lebih baik. Rusaknya Leaf filter menyebabkan

kurang tersaringnya kotoran sehingga masih terdapat kotoran yang ikut ke dalam tangki penyimpanan. Sedangkan pada faktor metode SOP pemilihan buah sawit yang baik tidak dilaksanakan pada stasiun sortir hal tersebut dikarenakan ada kesalahan pada tahap penyortiran dimana kesalahan tersebut disebabkan oleh pekerja yang lalai dalam melakukan proses penyortiran. Pada faktor lingkungan, pada stasiun loading ramp jarang melakukan pembersihan pada stasiun loading ramp sehingga banyak kotoran yang terikut pada proses perebusan. Pada faktor manusia, operator kurang teliti dalam bekerja.disebabkan bising pada area kerja sehingga pekerja lebih mudah mengalami kelelahan. Serta pada faktor bahan baku adanya buah sawit varietas dura yang terolah sehingga cangkang kernel sulit untuk pecah, dan banyaknya cangkang dan serabut yang terikut dalam proses pengolahan.

2. Kadar air (*Moisture*). Terbagi menjadi 5 faktor yang meliputi: Pada faktor mesin, adanya kebocoran pada heater silo dryer menyebabkan tekanan steam tidak beroperasi dengan baik sehingga mengakibatkan pada proses pengeringan tidak berjalan dengan baik. Pada faktor metode kurangnya prosedur pada tahap inspeksi menyebabkan operator mengalami kesalahan peraturan pada mesin. SOP yang tidak dijalankan dengan baik mempengaruhi kerja mesin dan tidak adanya visual display SOP pada area kerja. Pada faktor lingkungan, tempat penyimpanan kernel lembab disebabkan kurang bagusnya sirkulasi udara di tempat penyimpanan kernel sehingga mengakibatkan tingginya kadar air pada kernel dan ceceran minyak pada area kernel silo membuat aktifitas operator menjadi terganggu akibat licinnya lantai produksi. Pada faktor manusia, operator kelelahan disebabkan oleh bising dari suara mesin, serta pada faktor bahan baku, banyaknya kernel yang pecah mengakibatkan minyak kernel menguap sebelum sampai di mesin press hal ini mengakibatkan turunnya kualitas minyak yang dihasilkan dan kernel mentah mengandung lebih banyak air dibandingkan kernel yang telah masak.
3. Kadar Asam Lemak Bebas (ALB). Pada ALB terjadinya ketidaksesuaian pada kadar Asam Lemak Bebas yang meliputi beberapa faktor, antara lain: Pada faktor mesin, waktu perebusan terlalu lama dapat membuat kadar ALB di minyak PKO meningkat. Jika suhu perebusan yang digunakan diatas 132°C saat perebusan akan mengakibatkan buah menjadi hangus sehingga kualitas minyak PKO rusak dan bila menggunakan suhu di bawah 132°C saat perebusan akan mengakibatkan enzim-enzim pada buah tidak mati dan masih banyak mengandung kadar air, Pada faktor metode, kurangnya prosedur SOP pada tahap inspeksi menyebabkan adanya beberapa aspek yang luput untuk dilakukan pengecekan. Waktu penyimpanan minyak PKO di tangki penyimpanan hal ini dapat memicu meningkatnya kadar ALB pada minyak PKO. Pada faktor lingkungan, ceceran minyak pada area rebusan keluar dari pintu sterilizer ketika di buka dan menyebabkan areal menjadi kotor. Pada faktor manusia, operator kurang disiplin dan kurangnya pengawasan oleh asisten. Serta pada faktor bahan baku, proses sortasi tidak tepat sehingga kualitas buah sawit yang masuk tidak sesuai standar. Adapun standar buah kelapa sawit yang sesuai dengan standar yakni SOP pemilihan buah sawit yang baik yakni buah sawit harus berwarna merah merata, brondolan 10 biji, tangkai tandan tidak melebihi 5 cm. buah sawit yang terlalu matang disebabkan oleh kurang telitinya pekerja pada tahap sortir dan buah terlalu matang juga disebabkan karena buah terlalu lama menunggu pada stasiun loading ramp.

TAHAP *MEASURE*

Pada tahap kedua ini akan dilakukan pengukuran kinerja perusahaan yang berkaitan dengan kualitas produk sebelum dilakukan perbaikan. Adapun tahapan sebagai berikut:

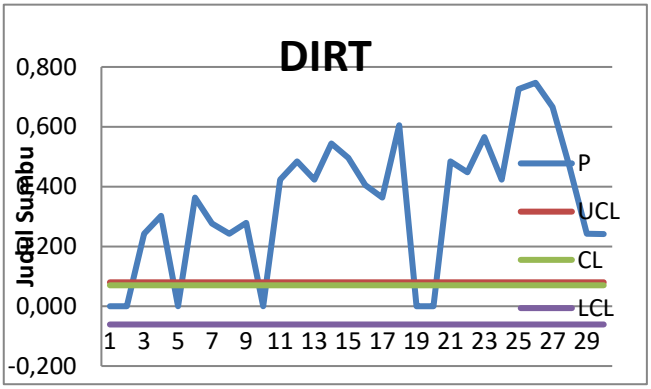
1. Identifikasi *Critical to Quality* (CTQ)

Tabel 1. Identifikasi CTQ

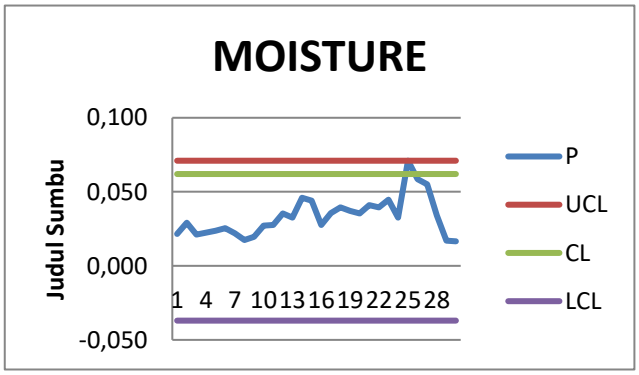
CTQ	Spesifikasi	Keterangan
Dirt	< 5%	*Dirt* (Kadar kotoran) adalah keseluruhan bahan bahan asing yang tidak larut dalam minyak. Kurang optimalnya kerja blower pada mesin depericarper sehingga serabut dan pasir yang melekat pada kernel tidak terhisap secara sempurna.

Moisture	< 5%	*Moisture* (kadar air pada PKO menyebabkan bakteri dan jamur mudah tumbuh sehingga dapat merubah tekstur,warna maupun aroma minyak. Kadar air dapat meningkat diakibatkan sirkulasi udarah yang kurang baik pad atempat penyimpanan kernel sehingga kernel menjadi lembab.
ALB	< 2,20%	Asam lemak bebas dalam minyak kernel sangat merugikan. Asam lemak bebas yang tinggi ini menimbulkan berbau tidak sedap atau dapat berbau tengik apabila terjadi hidrolisis selain itu tingginya kadar asam lemak bebas juga dapat meningkatkan kadar kolesterol. Proses perebusan yang terlalu lama (tidak mengikuti SOP) sehingga dapat meningkatnya kadar ALB.

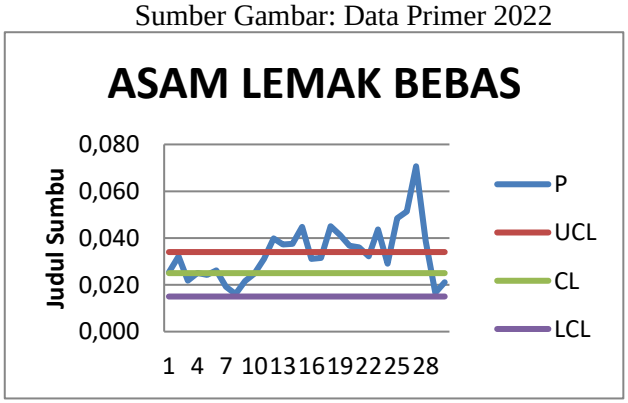
2. Peta Kendali (*Control Chart*)



Gambar 1. Diagram peta kendali P Kadar Kotoran
Sumber Gambar: Data Primer 2022



Gambar 2. Diagram peta kendali P Kadar Air
Sumber Gambar: Data Primer 2022



Gambar 3. Diagram peta kendali P Kadar Asam Lemak Bebas
Sumber Gambar: Data Primer 2022

3. Perhitungan DMO (*Defect Per Million Opportunity*) dan Tingkat Sigma

Setelah diketahui nilai DPMO (Defect Per Million Opportunities) sebesar 449950 di atas selanjutnya di konversi ke dalam tingkat sigma.

$$sigma = normsinv\left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000}\right) + 1{,}5$$

$$sigma = normsinv\left(\frac{1.000.000 - 477927}{1.000.000}\right) + 1{,}5$$

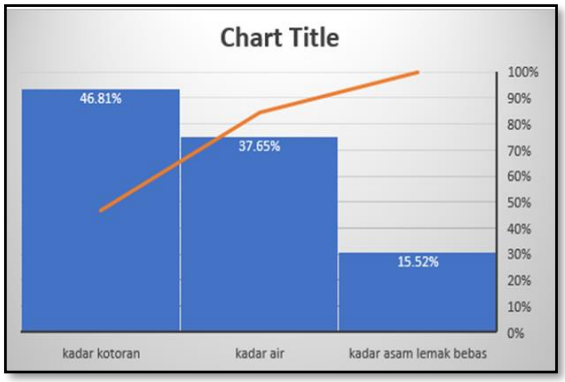
Sigma= 1.5

Untuk perhitungan DPMO sebesar 449.950 dengan nilai sigma sebesar 1,5 dan belum mencapai target 6 sigma yang berarti pengendalian kualitas pada perusahaan perlu melakukan perbaikan lanjut untuk meningkatkan kualitas.

TAHAP *ANALYZE*

Diagram Pareto

Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan diagram pareto, diketahui bahwa kadar kotoran merupakan kadar yang paling dominan yang menyebabkan ketidaksesuaian produk yaitu sebesar 46.81%, kemudian kadar air menjadi urutan kedua sebesar 37.65% dan kadar asam lemak bebas sebesar 15.52%.



Gambar 4. Diagram Pareto Proses Produksi
Sumber Gambar: Data Primer 2022

TAHAP *IMPROVE*

Pada tahap improve ini diberikan usulan rencana tindakan perbaikan dari permasalahan yang ada untuk melaksanakan peningkatan kualitas:

1. Kadar kotoran (*Dirt*)
   a) Lebih memperhatikan SOP pemilihan buah kelapa sawit.
   b) Memberikan pelatihan dan edukasi kepada karyawan perusahaan.
   c) Melakukan perawatan mesin.
   d) Melakukan pembersihan tangki penyimpanan secara berkala.
2. Kadar air (*Moisture*)
   a) Memberikan visual display SOP untuk karyawan.
   b) Asisten lebih mengedukasi operator agar lebih disiplin dalam bekerja.
   c) Memperhatikan sirkulasi udara untuk tempat penyimpanan kernel agar kernel tidak mudah berjamur.
   d) Melakukan kalibrasi rutin terhadap alat-alat operasional produksi.
3. Kadar asam lemak bebas
   a) Melakukan pelatihan untuk operator sehingga mampu menjalankan mesin proses produksi sesuai SOP
   b) Melakukan monitoring waktu perebusan dan suhu perebusan serta banyaknya buah kelapa sawit yang di rebus.
   c) Menerapkan prinsip first in first out pada pada bagian stasiun *loading ramp* agar meminimalisir

meningkatnya kadar ALB pada buah kelapa sawit di akibatkan oleh menumpuknya buah pada stasiun tersebut.

TAHAP *CONTROL*

Langkah – langkah yang bisa dilakukan dalam tahap pengendalian (*control*) ini yaitu:

1. Melakukan perbaikan terhadap blower mesin *Depericarper* sesuai dengan standar operasional proses apabila telah dilakukan pemeliharaan dan perbaikan tetapi masih terjadi kerusakan maka akan di lakukan pembaharuan mesin.
2. Melakukan perbaikan pada *Leaf filter* sesuai dengan standar operasional proses apabila telah dilakukan pemeliharaan dan perbaikan tetapi masih terjadi kerusakan maka akan dilakukan pembaharuan mesin.
3. Pada mesin *heather bank silo* dilakukan perbaikan setelah dilakukan perbaikan kemudian melakukan peninjauan kembali antara jarak setelah perbaikan dan kerusakan kemudian akan dilakukan penjadwalan perbaikan terhadap *heather bank silo dryer.*
4. Melakukan perbaikan pada tempat penyimpanan kernel dengan memberikan alat sirkulasi udara yang baik sehingga kernel tidak mudah berjamur.
5. Memperhatikan penyetelan tekanan rebusan sesuai dengan standar operasional proses serta melakukan pengawasan operasional dilakukan dengan mengevaluasi grafik rebusan (hasil rekaman perebusan pada mesin operator) untuk mengetahui tekanan perebusan, kebocoran uap dan waktu rebus.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari pengumpulan, pengolahan, dan analisa data yang telah dikerjakan. Maka kesimpulan dari penelitian ini adalah penyebab tingginya persentase ketidaksesuaian kualitas PKO pada kadar kotoran hal ini di akibatkan oleh beberapa faktor yakni terjadi kerusakan pada bagain blower mesin depericarper, leaf filter rusak dan stasiun loading ramp terlalu kotor. Pada kadar air adanya kebocoran pada heather bank silo dan tempat penyimpanan kernel lembab. Pada kadar asam lemak bebas waktu perebusan terlalu lama dan kualitas bahan baku tidak sesuai standar. Adapun usulan perbaikan terhadap PKO agar mengurangi persentase ketidaksesuaian untuk kadar kotoran adalah dengan melakukan perawatan rutin terhadap blower mesin depericarper dan melakukan pengecekan terhadap leaf filter dan segera memperbaiki apabila terjadi kerusakan, untuk kadar air kebocoran silo dryer untuk menanggulangi agar kernel tidak mudah berjamur agar memperhatikan sirkulasi udara pada tempat penyimpanan kernel, untuk stasiun loading ramp terlalu kotor hal yang dilakukan yaitu optimasi pembersihan area loading ramp agar kotoran tidak terikut pada proses pengolahan. Untuk kadar asam lemak bebas agar memberikan pelatihan kepada operator untuk meningkatkan pengetahuan mengenai prosedur perebusan dan prosedur sortasi buah kelapa sawit agar mengetahui jenis- jenis tandan buah segar yang baik yakni buah sawit harus berwarna merah merata, brondolan 10 biji, tangkai tandan tidak melebihi 5 cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Muslim Indonesia, Program Studi Teknik Industri, dan PT. LETAWA

REFERENSI

[1] A. Fauzi and M. T. Safirin, "Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Lean Six Sigma Di Pt. Xyz," *Tekmapro J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 16, no. 2, pp. 13–24, 2021, doi: 10.33005/tekmapro.v16i2.195.

[2] I. Septiawan, M. S. Ningsih, and I. Gunawan, "Analisis pengendalian kualitas pada Crude Palm Kernel Oil dengan metode Six Sigma di PT. X," *J. Vor.*, vol. 3, no. 1, pp. 166–173, 2022, doi:

10.54123/vorteks.v3i1.153.

[3] G. Alfikri and N. L. . Hariastuti, "Peningkatan kualitas minyak kelapa sawit dengan pendekatan lean six sigma (Studi Kasus di PT. Sawit Mas Parenggean).," *J. IPTEK*, vol. 23, no. 1, pp. 47–54, 2019.

[4] B. . Abdallah, Muqimuddin, and R. Lazawardi, "Peningkatan Karakteristik Kualitas Palm Kernel Oil (PKO) Menggunakan Metodologi Six Sigma.," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 19, no. 1, pp. 81–89, 2021.

[5] Paramitha and Ekawati, "Analisis Karakterisasi Mutu Palm Kernel Oil (PKO) Asal PT. Perkebunan Nusantara IV Unit Usaha Pabatu.," *AGRIBIOS J. Ilm.*, vol. 20, no. 1, 2022.

[6] A. Bazrkar, V. Aramoon, and E. Aramoon, "WPOM working papers on operations management identifying and prioritizing the effective criteria in selecting lean six sigma improvement projects in the healthcare sector.," *WPOM-Working Pap. Oper. Manag.*, vol. 12, no. 2, pp. 41–55, 2021.

[7] Didiharyono, Marshal, and Bakhtiar, "Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Dengan Metode Six Sigma Pada Industri Air Minum PT Asera Tirta Pasidonia Kota Palopo.," *J. Sainsmat*, vol. 7, no. 2, pp. 27–35, 2018.

[8] A. Ridwan, F. Arina, and A. Permana, "Peningkatan kualitas dan efisiensi pada proses produksi dunnage menggunakan metode lean six sigma (Studi kasus di PT. XYZ).," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 2, pp. 186–199, 2020.

[9] I. Ibrahim, D. Arifin, and A. Khairunnisa, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma Dengan Tahapan DMAIC Untuk Mengurangi Jumlah Cacat pada Produk Vibrating Roller Compactor Di PT. Sakai Indonesia.," *J. KaLIBRASI-Karya Lintas Ilmu Bid. Rekayasa Arsitektur, Sipil, Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 18–26, 2020.

[10] R. Rosihin, M. Ulinnuha, and D. Cahyadi, "Analisis Pengendalian Kualitas Super Absorbent Polymer Dengan Menggunakan Metode Six Sigma.," *J. Sist. Dan Manaj. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–27, 2018.