

Analisis *Statistical Process Control* terhadap Mutu Kernel Hasil Kinerja Mesin *Ripple Mill* pada Stasiun Kernel di PT XY

Adji Sentosa*, Reza Widyasaputra, Maria Ulfah

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
INSTIPER Yogyakarta

*)Email Koresponden: sentosaadji2000@icloud.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja *Ripple Mill* di stasiun *Kernel Crushing Plant* (KCP) PT XY, mengevaluasi mutu kernel, menerapkan peta kendali sebagai alat pengendalian kualitas, serta merumuskan tindakan korektif. Studi dilakukan selama 26 hari kerja pada November 2023 dengan pendekatan kuantitatif melalui survei dan eksperimen laboratorium. Data dianalisis menggunakan peta kendali \bar{X} dan R untuk menilai kestabilan proses. Hasil menunjukkan bahwa mutu kernel umumnya berada pada kategori “baik” dan “standar”, meskipun kadar air dan cangkang berlebih masih ditemukan pada hari-hari tertentu. Cacat biji pecah menjadi jenis paling dominan namun masih terkendali, sementara cacat cracked dan shell menunjukkan variasi khusus yang melampaui batas kendali atas (UCL). Proses produksi secara umum belum kapabel sepenuhnya, dengan variasi tinggi yang dipengaruhi oleh faktor manusia, mesin, metode, material, lingkungan, dan pengukuran. Oleh karena itu, perbaikan menyeluruh dan pengendalian mutu berkelanjutan diperlukan untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi proses kernel di masa mendatang.

Kata Kunci: *Ripple Mill, Kernel, Peta Kendali, Pengendalian Kualitas, Fishbone Diagram, Palm Kernel Oil (PKO)*

PENDAHULUAN

Pabrik pemecahan inti sawit (*Kernel Crushing Plant/KCP*) merupakan stasiun penting dalam industri pengolahan kelapa sawit karena berperan mengolah inti sawit (kernel) menjadi produk bernilai tambah seperti palm kernel oil (PKO) dan palm kernel cake (PKC) (Brien, 2008). Efisiensi dan mutu produksi sangat dipengaruhi oleh kualitas pemisahan nut dan kernel sebelum memasuki KCP. Mutu yang tidak sesuai dapat menurunkan efisiensi operasional, meningkatkan potensi kerugian, serta mempercepat kerusakan alat. Oleh sebab itu, pengendalian kualitas menjadi aspek krusial dalam menjaga kestabilan proses dan kesesuaian produk akhir dengan standar mutu (Septiawan et al., 2022).

Pada tahap awal pengolahan, pemisahan nut dan cangkang menuntut ketelitian tinggi agar kernel tidak pecah atau tercampur kotoran. Kernel yang pecah dapat memicu gangguan mekanis, sedangkan cangkang yang tidak tersaring sempurna dapat mengurangi efisiensi mesin di KCP. Pengoperasian alat seperti nut cracker dan air separator harus dilakukan secara optimal untuk mencegah kontaminasi atau kerusakan kernel (Noorshamsiana et al., 2017). Selanjutnya, dalam proses ekstraksi minyak, parameter suhu dan tekanan perlu dipantau ketat. Suhu yang terlalu tinggi dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas (FFA), sementara tekanan yang tidak tepat dapat menurunkan efektivitas ekstraksi minyak (Montgomery, 2019).

Peta kendali merupakan metode pengendalian mutu yang efektif karena mampu memantau variasi proses secara waktu nyata dan mengidentifikasi penyebab potensial penurunan mutu. Jika mutu PKO menurun, misalnya dari segi kadar minyak rendah atau tingginya FFA, peta kendali dapat membantu mendeteksi apakah penyebabnya berasal dari bahan baku, peralatan, atau penyimpangan prosedur operasional (Fauzun, 2024). Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis mutu nut dan kernel hasil kerja Ripple Mill di KCP PT XY, dengan menerapkan metode peta kendali. Tujuan utamanya adalah menganalisis kinerja Ripple Mill, mengevaluasi mutu kernel, menerapkan peta kendali sebagai alat kontrol kualitas, serta menyusun rekomendasi tindakan korektif untuk perbaikan proses produksi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan selama 26 hari kerja, mulai dari 1 hingga 30 November 2023, di Laboratorium Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dan Kernel Crushing Plant (KCP) PT XY. Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan pendekatan survei dan eksperimen, menggunakan data mutu kernel yang dihasilkan dari mesin Ripple Mill. Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan laboratorium dan wawancara dengan pemangku kepentingan di pabrik, serta dianalisis menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2021 untuk membuat peta kendali \bar{X} dan R. Studi pustaka juga dilakukan guna memperkuat dasar teori mengenai parameter mutu kernel dan metode *Statistical Process Control* (SPC) yang digunakan.

Prosedur penelitian dimulai dari pengambilan sampel kernel secara harian dengan waktu yang konsisten, dilanjutkan dengan pencatatan parameter mutu dalam lembar pemeriksaan. Data mutu harian kemudian dianalisis menggunakan peta kendali untuk memantau kestabilan proses produksi, dengan menghitung garis tengah (CL), batas atas (UCL), dan batas bawah (LCL). Jika ditemukan titik data di luar batas kendali, dilakukan identifikasi terhadap variasi khusus yang menyebabkan ketidakterkendalian. Hasil akhir dianalisis terhadap standar mutu SNI 01-4808-1998 dan disusun dalam bentuk laporan evaluatif, yang juga berisi rekomendasi teknis untuk perbaikan mutu dan efisiensi proses pengolahan kernel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Check Sheet

Check sheet memuat data penting untuk evaluasi kualitas bahan, yaitu Hari/Tanggal sebagai penanda waktu pengambilan data; Biji Bulat dan Biji Pecah yang mencerminkan kondisi fisik biji; *Uncracked* dan *Cracked* yang menunjukkan tingkat kerusakan kulit biji; *Shell* dan *Total Shell* yang mengukur proporsi kulit biji secara keseluruhan; Total Inti yang merepresentasikan persentase inti yang baik; Kadar Air sebagai indikator kelembaban bahan; serta kolom Keterangan yang berisi analisis singkat berdasarkan nilai kadar air dan total inti untuk menentukan tindakan lanjutan seperti pengeringan, sortir, atau penilaian mutu.

Variasi persentase biji bulat dan pecah, kadar air, serta kondisi mutu yang dicatat setiap harinya. Secara umum, persentase biji bulat berkisar antara 64,20% hingga 78,38%, sementara biji pecah berkisar antara 16,79% hingga 30,99%. Persentase biji bulat sebagian besar memenuhi standar mutu minimal yaitu $\geq 50\%$, dan biji pecah juga umumnya masih berada di bawah batas maksimal 30%. Dalam aspek kerusakan biji, seperti biji yang tidak retak (*uncracked*) dan retak (*cracked*), angka-angka yang tercatat relatif kecil, dengan nilai di bawah 1%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar biji dalam kondisi baik sesuai standar mutu. Persentase kulit (*shell*) dan total kulit juga stabil di kisaran 3,72% hingga 4,37%, tidak

melebihi batas maksimal 5%. Hal ini menandakan bahwa proses pemisahan kulit biji relatif efisien dan mutu fisik biji cukup terjaga.

Kadar air biji yang terukur bervariasi dari 2,35% hingga 6,60%, dimana sebagian besar nilai berada di bawah batas maksimal 7% yang ditetapkan sebagai standar mutu. Namun, terdapat beberapa hari, seperti tanggal 2, 7, 8, dan 22 September, kadar air biji menunjukkan nilai yang cukup tinggi sehingga diberi catatan "Perlu pengeringan" untuk menghindari penurunan kualitas biji akibat kadar air yang terlalu tinggi.

Keterangan mutu harian menunjukkan kondisi yang bervariasi, mulai dari "Standar," "Mutu baik," hingga peringatan seperti "Perlu pengeringan" dan "Perlu sortir lebih lanjut." Hal ini mencerminkan bahwa meskipun secara umum mutu biji memenuhi standar, ada beberapa hari yang membutuhkan tindakan tambahan seperti pengeringan untuk kadar air dan sortir untuk mengeliminasi biji yang tidak sesuai kualitas.

Secara keseluruhan, data ini memperlihatkan bahwa kualitas biji yang dihasilkan cukup stabil dengan mayoritas memenuhi standar mutu yang telah ditentukan. Namun, perhatian khusus perlu diberikan pada pengelolaan kadar air dan proses sortir untuk menjaga dan meningkatkan mutu agar konsisten dan sesuai dengan persyaratan mutu yang diharapkan. Dengan demikian, rekomendasi pengeringan dan sortir menjadi langkah penting untuk pengendalian mutu biji.

Lebih detailnya, klasifikasi sesuai standar untuk 25 sampel dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 .Klasifikasi 26 Sampel berdasarkan Standar Mutu

Mutu	Standar Mutu	
	Sesuai Standar	Tidak Sesuai Standar
Biji Bulat	26	0
Biji Pecah	24	2
<i>Uncracked</i>	26	0
<i>Cracked</i>	24	2
<i>Shell</i>	26	0
<i>Total Shell</i>	26	0
<i>Total Inti</i>	26	0
Kadar Air	26	0

Analisis Statistik terhadap Jenis Mutu Kernel dan Kadar Air

Selama periode 1 hingga 26 September, data mutu biji bulat menunjukkan konsistensi yang baik karena seluruh nilai berada di atas standar mutu minimum 50%, dengan kisaran antara 64,20% hingga 78,38%. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pengolahan biji cukup efektif dalam menjaga bentuk fisik biji. Namun, analisis lebih lanjut menggunakan *individual control chart* mengungkap adanya satu sampel (23 September) yang melewati batas atas kendali (UCL), yang menandakan potensi penyimpangan proses meski nilai mutu secara angka tinggi. Situasi ini memerlukan evaluasi lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab variasi khusus agar kualitas tetap terjaga secara stabil (Montgomery, 2019); (Sallis, 2002).

Untuk jenis cacat kernel biji pecah, hasil pengamatan menunjukkan rata-rata sebesar 24,88% yang masih berada dalam batas atas kendali (UCL: 31,55%) selama periode September. Meskipun biji pecah menjadi jenis cacat terbanyak, kondisi ini masih dapat diterima secara statistik dan tidak menunjukkan ketidakstabilan proses. Namun demikian, evaluasi rutin terhadap parameter mesin Ripple Mill tetap perlu dilakukan agar mutu kernel dapat dipertahankan dan rasio cacat ditekan seminimal mungkin. Konsistensi dalam pengendalian mutu menjadi kunci untuk menjaga efisiensi proses produksi (Teixeira et al., 2022).

Jenis cacat lainnya seperti uncracked dan cracked juga menunjukkan dinamika penting. Cacat uncracked tetap berada dalam batas kendali statistik (UCL: 0,96%; LCL: 0,09%) dan mencerminkan kestabilan proses secara umum, meskipun tetap harus diupayakan penurunan lebih lanjut untuk efisiensi ekstraksi. Sebaliknya, cacat cracked menunjukkan adanya satu titik (24 September) yang melampaui UCL sebesar 0,97%, mengindikasikan variasi khusus yang perlu ditindaklanjuti. Hal ini bisa dipicu oleh ketidaksesuaian tekanan mesin, ukuran, atau kelembaban biji. Oleh karena itu, pengawasan mesin secara real-time dan pelatihan operator menjadi krusial agar mutu kernel tetap berada dalam batas toleransi yang diharapkan (Hasan et al., 2020).

Jenis cacat kernel berupa *shell* atau sisa cangkang dalam fraksi inti merupakan indikator penting efektivitas pemisahan antara inti dan cangkang. Pada tanggal 14 September, kadar *shell* tercatat sebesar 4,37%, melebihi batas atas kendali (UCL) sebesar 4,24%, yang menunjukkan adanya *special cause variation* atau variasi khusus yang menandakan ketidakterkendalian proses (Selvamuthu & Das, 2018). Kenaikan kadar *shell* ini dapat dipicu oleh pengaturan mesin *winnow* yang kurang optimal, kepadatan material yang tinggi, atau kelembaban biji yang tidak seragam sehingga proses pemisahan menjadi kurang efisien (Volpi et al., 2019). Selain itu, kelalaian operator dalam memantau kinerja mesin turut memperburuk kondisi. Peningkatan kadar *shell* dapat menurunkan mutu produk dan menambah beban kerja pemurnian, sehingga diperlukan koreksi parameter mesin dan peningkatan frekuensi inspeksi serta evaluasi terhadap kondisi biji sebelum pemrosesan (Septiawan et al., 2022).

Seluruh data total *shell* dari tanggal 1 hingga 26 September menunjukkan konsistensi yang baik dengan nilai antara 4,2% hingga 4,67%, masih di bawah batas mutu maksimal 5%. Tidak satu pun titik data yang melewati batas kendali pada *Individual Control Chart (I-chart)*, menunjukkan variasi yang terjadi bersifat alami (*common cause variation*) dan tidak memerlukan tindakan korektif besar (Nur, 2022). Stabilitas ini mencerminkan kapabilitas proses dalam menjaga efisiensi pemisahan cangkang secara konsisten. Dengan sistem pengolahan yang berjalan terkendali, mutu produk tetap terjaga dan limbah produksi dapat diminimalkan. Ketiadaan sinyal peringatan dari *control chart* menegaskan bahwa sistem berada dalam kondisi statistik yang stabil (Voelkel & Ishikawa, 1989).

Data total inti selama periode pengamatan juga menunjukkan kestabilan yang tinggi, dengan kisaran nilai antara 95,33% hingga 95,8%, jauh di atas standar mutu minimum sebesar 75%. Semua titik data berada dalam batas kendali atas dan bawah pada *individual control chart*, menandakan bahwa variasi yang terjadi adalah bagian dari variasi normal proses (*common cause variation*) (Montgomery, 2019). Kondisi ini membuktikan bahwa proses pemisahan inti telah berlangsung secara optimal dan konsisten, tanpa adanya gangguan signifikan. Hasil ini tidak hanya menunjukkan kestabilan mutu, tetapi juga mendukung efisiensi operasional dan mengurangi potensi pemborosan (Rahman et al., 2022). Demikian pula, data kadar air dari tanggal 1 hingga 26 September tetap dalam batas mutu maksimal ($\leq 7\%$), meskipun sempat mendekati batas atas. Tidak adanya titik data yang melampaui UCL atau LCL memperkuat bahwa variasi kadar air adalah variasi alami, dan pengendalian proses telah berjalan efektif (Habibiasr et al., 2022).

Data kadar air selama periode 1 hingga 26 September menunjukkan kestabilan proses yang baik, dengan seluruh nilai berkisar antara 2,35% hingga 6,6%, masih berada di bawah standar mutu maksimum sebesar $\leq 7\%$. Analisis menggunakan *individual control chart (I-chart)* mengonfirmasi bahwa tidak ada satu pun titik data yang melewati batas kendali atas (UCL) maupun bawah (LCL), yang menandakan bahwa variasi kadar air yang terjadi tergolong sebagai *common cause variation* atau variasi alami dalam proses yang stabil (Evans &

Lindsay, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengendalian kadar air selama proses produksi dan penyimpanan berjalan secara efektif dan konsisten, tanpa gangguan signifikan. Kestabilan ini sangat penting dalam menjaga mutu produk akhir dan mencegah kerusakan pasca-produksi. Meskipun terjadi fluktuasi kelembaban bahan, sistem produksi terbukti mampu mempertahankan kadar air dalam batas aman sesuai standar mutu industri.

Analisis Cp dan Cpk

Cp (*Process Capability*) dan Cpk (*Process Capability Index*) adalah dua indikator statistik yang digunakan untuk mengukur kemampuan suatu proses dalam menghasilkan output yang sesuai dengan batas spesifikasi yang ditetapkan. Cp menunjukkan sejauh mana variasi proses berada dalam batas spesifikasi, tanpa mempertimbangkan posisi rata-rata proses terhadap batas tersebut. Sementara itu, Cpk mempertimbangkan posisi rata-rata proses dan menunjukkan seberapa dekat proses tersebut dengan batas spesifikasi bawah (LSL) dan atas (USL). Nilai Cp dan Cpk yang tinggi menunjukkan bahwa proses berada dalam kondisi yang stabil dan terkendali, sehingga kerugian minyak sawit dapat diminimalkan secara optimal.

Nilai Cp dan Cpk per Mesin per bulan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Nilai Cp dan Cpk Jenis Mutu Kernel & Kadar Air

Jenis Mutu Kernel & Kadar Air	UCL	LCL	Mean	Standar Deviasi	Cp	Cpk
Biji Bulat	76.73	63.81	70.29	3.16	0.68	0.67
Biji Pecah	31.55	18.20	24.87	3.25	0.68	0.68
<i>Uncracked</i>	0.96	-0.09	0.43	0.20	0.87	0.86
<i>Cracked</i>	0.97	-0.07	0.44	0.21	0.82	0.81
<i>Shell</i>	4.24	3.65	3.94	0.14	0.70	0.69
<i>Total Shell</i>	4.77	4.00	4.38	0.12	1.06	1.05
<i>Total Inti</i>	96.02	95.18	95.60	0.13	1.07	1.07
Kadar Air	8.29	0.28	4.28	1.23	1.08	1.08

Nilai Cp dan Cpk merupakan indikator penting dalam menilai kapabilitas proses dalam sistem produksi. Cp mencerminkan kemampuan potensial proses jika rata-rata proses tepat berada di tengah batas spesifikasi, sementara Cpk mempertimbangkan posisi rata-rata proses terhadap batas spesifikasi atas (USL) dan bawah (LSL). Berdasarkan data Tabel 4.3, sebagian besar jenis mutu kernel dan kadar air menunjukkan nilai Cp dan Cpk di bawah 1.33, yang artinya proses belum cukup kapabel untuk memenuhi standar mutu secara konsisten (Fonseca et al., 2021).

Biji Bulat dan Biji Pecah memiliki nilai Cp dan Cpk sebesar 0.681 dan 0.685. Nilai Cp < 1 menunjukkan bahwa proses berjalan tidak sesuai dengan rentang spesifikasi yang diharapkan, meskipun Cp ≈ Cpk mengindikasikan bahwa rata-rata proses berada di tengah-tengah spesifikasi. Ini berarti bahwa pergeseran rata-rata bukanlah masalah utama, tetapi variasi proses masih terlalu besar, yang membuat proses tidak stabil dalam menghasilkan produk yang memenuhi standar mutu.

Demikian juga, untuk mutu *Uncracked* dan *Cracked*, nilai Cp masing-masing sebesar 0.875 dan 0.825. Meskipun lebih tinggi dari nilai sebelumnya, keduanya masih berada di bawah 1.00. Hal ini mengindikasikan bahwa proses belum mampu secara statistik untuk menghasilkan produk sesuai spesifikasi secara berulang. Karena nilai Cp = Cpk, maka posisi rata-rata tetap berada di tengah, namun perlu dilakukan perbaikan pada sumber variasi—

seperti mesin, bahan baku, atau operator—untuk meningkatkan kapabilitas proses (Voelkel & Ishikawa, 1989).

Kategori Shell dan Total Shell menunjukkan nilai Cp dan Cpk yang berbeda: Shell sebesar 0.702 dan Total Shell justru mencapai 1.069. Dalam hal ini, nilai Cp untuk Total Shell sudah melewati ambang batas minimal 1, menunjukkan bahwa variasi proses telah relatif sesuai dengan spesifikasi. Namun nilai Cpk yang sedikit lebih rendah (1.056) menunjukkan bahwa meskipun proses secara umum kapabel, posisi rata-rata proses mulai sedikit bergeser dari tengah spesifikasi. Sebaliknya, nilai Shell yang masih di bawah 1 menandakan bahwa proses penghilangan cangkang belum stabil, sehingga membutuhkan upaya perbaikan seperti pelatihan operator atau pemeliharaan alat (iSixSigma-Editorial, 2013).

Untuk mutu Total Inti, nilai Cp dan Cpk tercatat sebesar 1.077. Ini berarti bahwa proses sudah berada pada tingkat yang mendekati memuaskan, dengan variasi proses relatif kecil dan posisi rata-rata masih cukup dekat dari tengah spesifikasi. Nilai ini patut dipertahankan dan bahkan dapat ditingkatkan dengan pengendalian proses yang lebih ketat, seperti pemantauan parameter suhu, tekanan, atau kelembapan yang memengaruhi stabilitas mutu inti kernel (Liu et al., 2010).

Sementara itu, kadar air menunjukkan nilai Cp sebesar 1.085 dan Cpk sebesar 1.084, yang berarti proses pengendalian kadar air berada dalam kondisi cukup stabil dan sesuai spesifikasi, namun masih belum mencapai kategori proses yang sangat memuaskan ($Cp \geq 1.66$). Dengan mempertahankan kontrol terhadap faktor-faktor seperti suhu pengeringan dan waktu proses, nilai kapabilitas ini masih bisa ditingkatkan untuk mencapai kestabilan yang optimal dan memperpanjang masa simpan produk kernel.

Secara keseluruhan, hasil analisis nilai Cp dan Cpk mengindikasikan bahwa sebagian besar jenis mutu kernel masih berada dalam kondisi proses yang tidak kapabel atau sedang menuju kapabel. Penggunaan pendekatan Statistical Process Control (SPC) secara berkelanjutan menjadi sangat penting dalam mengurangi variasi, meningkatkan akurasi proses, dan menjamin kualitas produk secara konsisten (Xiong & Feng, 2022).

Cause-and-Effect Diagram (Fishbone Diagram)

Berdasarkan hasil analisis data mutu kernel dan temuan dari peta kendali, efek utama atau masalah paling signifikan yang teridentifikasi adalah tingginya persentase biji pecah (*kernel cracked*) yang melebihi batas atas kendali (Upper Control Limit/UCL). Masalah ini berdampak pada penurunan mutu kernel yang dihasilkan oleh Ripple Mill dan berpotensi menimbulkan kerugian produksi akibat kualitas hasil olahan yang tidak sesuai spesifikasi. Untuk memahami akar penyebab dari masalah ini secara komprehensif, dilakukan klasifikasi faktor penyebab ke dalam lima kategori utama: manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*methods*), material (*materials*), dan lingkungan kerja (*milieu*), meskipun fokus utama lebih banyak tertuju pada empat kategori pertama.

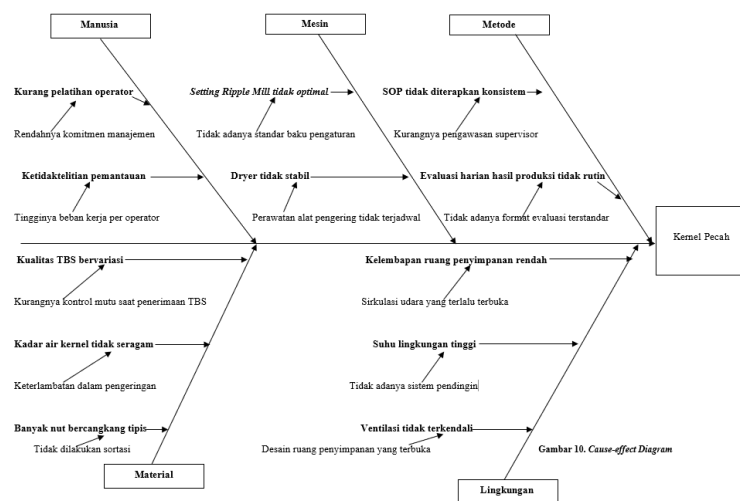
Dalam kategori *man* (manusia), penyebab utama mencakup kurangnya pelatihan operator, ketidaktelitian dalam pemantauan hasil, serta lambatnya respons terhadap indikator mutu. Minimnya jadwal pelatihan teknis berkala, ketiadaan modul pelatihan standar, dan rendahnya komitmen manajemen terhadap peningkatan kompetensi menyebabkan operator kurang memahami teknis optimalisasi Ripple Mill. Beban kerja yang tinggi per individu, sistem kerja shift yang belum seimbang, dan ketiadaan checklist harian turut berkontribusi terhadap pengawasan mutu yang tidak konsisten. Selain itu, lambatnya respons terhadap sinyal peringatan kualitas disebabkan oleh tidak adanya sistem alarm yang mudah diakses, budaya kerja yang kurang reaktif terhadap indikator mutu, serta lemahnya sistem pelaporan antar shift.

Pada aspek *machine* (mesin), permasalahan mencakup pengaturan Ripple Mill yang tidak optimal, kestabilan dryer yang buruk, dan sensor kualitas yang tidak akurat. Tidak adanya standar baku dalam pengaturan celah dan tekanan tumbukan menyebabkan mesin dioperasikan secara trial-and-error. Mesin yang telah aus dan tidak adanya pemeliharaan terjadwal juga memperparah masalah ini. Sementara itu, dryer sering mengalami ketidakstabilan akibat kerusakan sensor suhu dan kelembapan serta absennya sistem monitoring otomatis. Alat pendeteksi kualitas kernel pun menunjukkan performa yang menurun karena kalibrasi jarang dilakukan dan alat tidak diganti sesuai usia pakainya.

Dari sisi *methods* (metode), akar masalah utama mencakup tidak konsistennya penerapan SOP, absennya sistem respons cepat saat parameter mendekati UCL, serta evaluasi harian mutu produksi yang tidak dilakukan secara rutin. Pengawasan supervisor yang lemah, kurangnya pemahaman operator terhadap isi SOP, dan jarangya pelatihan ulang menjadi faktor penghambat penerapan prosedur operasional yang baik. Selain itu, tidak adanya sistem peringatan dini atau pemantauan *real-time* menjadikan operator kurang sigap melakukan tindakan korektif ketika mutu mendekati batas kendali. Evaluasi mutu harian pun sering terabaikan akibat tidak adanya format standar, lemahnya dokumentasi, dan kurangnya koordinasi antar tim teknis.

Dalam kategori *materials* (bahan baku), variasi kualitas tandan buah segar (TBS), ketidakaturan kadar air kernel, dan banyaknya nut bercangkang tipis menjadi faktor penyumbang utama. Panen yang tidak seragam, campuran buah matang dan mentah, serta lemahnya kontrol mutu saat penerimaan TBS menyebabkan input bahan ke Ripple Mill tidak stabil. Selain itu, proses perebusan dan klarifikasi yang fluktuatif serta keterlambatan pengeringan membuat kadar air kernel menjadi tidak seragam. Rendahnya frekuensi pengukuran kadar air semakin memperburuk kondisi ini. Sementara itu, tidak dilakukan sortasi nut berdasarkan ukuran dan keberagaman varietas kelapa sawit membuat banyak nut bercangkang tipis yang rentan pecah saat diproses.

Faktor lingkungan yang memengaruhi mutu penyimpanan meliputi kelembapan ruang yang rendah akibat sirkulasi udara terlalu terbuka, ketiadaan pengendali kelembapan, dan penyimpanan yang terlalu lama tanpa kontrol suhu. Selain itu, suhu lingkungan yang tinggi juga menjadi masalah, disebabkan oleh tidak adanya isolasi termal, paparan langsung terhadap cuaca luar, serta ketiadaan sistem pendingin. Ventilasi yang tidak terkendali pun turut memperburuk kondisi, akibat desain ruang penyimpanan yang terbuka, tidak adanya filter udara, dan kurangnya pemantauan berkala terhadap kondisi lingkungan penyimpanan.



Gambar 1. Diagram *Fishbone*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, selama bulan September, mutu kernel di Ripple Mill PT XY didominasi oleh kategori “baik” dan “standar”, meskipun beberapa hari menunjukkan kadar air tinggi dan persentase cangkang berlebih. Hasil analisis control chart terhadap cacat kernel seperti biji pecah, uncracked, cracked, dan shell menunjukkan proses umumnya stabil dalam batas kendali statistik, kecuali dua titik data (cracked dan shell) yang melebihi UCL dan perlu evaluasi khusus. Proses produksi sebagian besar belum kapabel secara penuh, menandakan masih tingginya variasi mutu. Tingginya persentase biji pecah dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kurangnya pelatihan operator, setelan mesin yang tidak optimal, ketidakkonsistenan penerapan SOP, variasi kadar air bahan baku, serta kondisi lingkungan yang tidak mendukung. Oleh karena itu, dibutuhkan perbaikan menyeluruh dan berkelanjutan dari hulu ke hilir untuk meningkatkan kapabilitas dan kestabilan mutu kernel.

DAFTAR PUSTAKA

- Brien, R. D. O. (2008). Oils and fats: Formulating and Processing for Applications. In *New York*.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2020). *Managing for Quality and Performance Excellence*. In *Cengage Learning*.
- Fauzun, H. (2024). Analisa Kinerja Mesin Ripple Mill dengan Beban 30 Ton/Jam. *MASALIQ*, 4(2). <https://doi.org/10.58578/masaliq.v4i2.2686>
- Fonseca, L., Amaral, A., & Oliveira, J. (2021). Quality 4.0: The efqm 2020 model and industry 4.0 relationships and implications. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063107>
- Habibiasr, M., Mokhtar, M. N., Ibrahim, M. N., Yunos, K. F. M., & Ibrahim, N. A. (2022). Effect of drying on the physical and chemical properties of palm kernel oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(10). <https://doi.org/10.1002/jsfa.11753>
- Hasan, I., Denur, & Hakim, L. (2020). Penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Mesin Ripple Mill. *Jurnal Surya Teknik*, 6(1). <https://doi.org/10.37859/jst.v6i1.1866>
- iSixSigma-Editorial. (2013). Process Capability (Cp , Cpk) and Process Performance (Pp , Ppk) – What is the Difference ? *ISixSigma-Editorial*.
- Liu, Y., Hourd, P., Chandra, A., & Williams, D. J. (2010). Human cell culture process capability: A comparison of manual and automated production. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 4(1). <https://doi.org/10.1002/term.217>
- Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to Statistical Quality Control*, 8th Edition | Wiley. In *Wiley Online Library*.
- Noorshamsiana, A. W., Nur Eliyanti, A. O., Fatiha, I., & Astimar, A. A. (2017). A review on extraction processes of lignocellulosic chemicals from oil palm biomass. *Journal of Oil Palm Research*, 29(4). <https://doi.org/10.21894/jopr.2017.00016>
- Nur, M. (2022). Analisis Kehilangan Minyak (Oil Losses) pada Proses Pengolahan CPO dengan Metode Statistical Proses Control (SPC). *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 5(2). <https://doi.org/10.31004/jutin.v5i2.8901>
- Rahman, H., Sitompul, J. P., & Tjokrodiningrat, S. (2022). The composition of fatty acids in several vegetable oils from Indonesia. *Biodiversitas*, 23(4). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230452>
- Sallis, E. (2002). Total Quality Management in Education (3rd ed.). In *Developing quality systems in education*.
- Selvamuthu, D., & Das, D. (2018). Introduction to statistical methods, design of experiments and statistical quality control. In *Introduction to Statistical Methods, Design of Experiments and Statistical Quality Control*. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-1736-1>
- Septiawan, I., Ningsih, M. S., & Gunawan, I. (2022). Analisis pengendalian kualitas pada Crude Palm Kernel Oil dengan metode Six Sigma di PT. X. *Jurnal VORTEKS*, 3(1). <https://doi.org/10.54123/vorteks.v3i1.153>

- Teixeira, G. L., Ibañez, E., & Block, J. M. (2022). Emerging Lipids from Arecaceae Palm Fruits in Brazil. In *Molecules* (Vol. 27, Issue 13). <https://doi.org/10.3390/molecules27134188>
- Voelkel, J. G., & Ishikawa, K. (1989). Guide to Quality Control. *Technometrics*, 31(2). <https://doi.org/10.2307/1268827>
- Volpi, M., Santos, V., Ribeiro, A., Santana, M., & Bastos, R. (2019). The Role of Lignocellulosic Composition and Residual Lipids in Empty Fruit Bunches on the Production of Humic Acids in Submerged Fermentations. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 187(3). <https://doi.org/10.1007/s12010-018-2850-z>
- Xiong, X., & Feng, Y. (2022). Process quality indices: new metrics for process quality capability with zero-loss baseline. *Total Quality Management and Business Excellence*, 33(9–10). <https://doi.org/10.1080/14783363.2021.1911634>