Seminar Nasional Teknik Industri [SNTI] 2026
Lhokseumawe-Aceh, 20-21 Oktober 2026
ISSN 2338-7122

ANALISIS PENGENDALIAN MUTU KERNEL DENGAN METODE STATISTICAL QUALITY CONTROL DI PT EASTERN SUMATERA INDONESIA

Anwar[1], Muhammad Syahanda Gunawan [2*]
[1,2]Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
[1]Email: anwar@unimal.ac.id

Abstrak

Pengendalian kualitas dalam industri pengolahan kelapa sawit harus dijaga secara konsisten agar inti sawit (*palm kernel*) yang dihasilkan memenuhi standar mutu yang ditetapkan pembeli. Penelitian ini menganalisis kestabilan dan kapabilitas proses produksi *palm kernel* di PT Eastern Sumatera Indonesia dengan pendekatan *Statistical Quality Control* (SQC), berfokus pada tiga parameter mutu utama, yaitu kadar *kernel* pecah, kadar air, dan kadar kotoran. Data berupa hasil pengujian laboratorium harian selama 27 hari kerja pada Januari sampai Februari 2026. Pengolahan data mencakup diagram Pareto, histogram, peta kendali *Individual-Moving Range (I-MR)*, perhitungan indeks kapabilitas proses (*Cp* dan *Cpk*), serta diagram sebab-akibat. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses pengeringan kadar air berada dalam kondisi terkendali secara statistik dengan rata-rata 6,237%, sementara kadar *kernel* pecah (rata-rata 18,516%) dan kadar kotoran (rata-rata 6,848%) berada dalam kondisi tidak stabil karena terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali harian. Indeks kapabilitas aktual (*Cpk*) untuk ketiga parameter tersebut seluruhnya berada di bawah ambang batas minimum 1,00, sehingga proses dikategorikan tidak kapabel. Diagram sebab-akibat mengidentifikasi keausan komponen mesin pemecah biji dan ketidakstabilan stasiun pengering sebagai penyebab utama penyimpangan mutu. Rekomendasi perbaikan diarahkan pada kalibrasi celah mesin pemecah secara dinamis dan otomatisasi pengukuran densitas larutan pada stasiun pemisah cangkang.

Kata kunci: Mutu *kernel*, *Statistical Quality Control*, peta kendali, kapabilitas proses, diagram sebab-akibat

Pendahuluan

Industri kelapa sawit menopang perekonomian Indonesia. Areal perkebunannya tersebar terutama di Sumatra dan Kalimantan, dengan kapasitas produksi yang terus bertambah setiap tahun [1]. Selain minyak sawit mentah (*crude palm oil*) sebagai produk utama, pabrik pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan inti sawit atau *kernel* sebagai produk sampingan bernilai ekonomi tinggi. *Kernel* diperoleh melalui pemisahan cangkang dari daging buah pada rangkaian proses mekanis, kemudian diekstraksi menjadi minyak inti sawit (*palm kernel oil*) yang digunakan sebagai bahan baku industri pangan, oleokimia, dan kosmetik [2]. Karena diperdagangkan sebagai komoditas dengan spesifikasi ketat, mutu *kernel* yang dikirim ke pembeli harus dijaga agar tidak memicu kenaikan kadar asam lemak bebas yang berdampak langsung pada penurunan harga jual [3].

Di stasiun pengolahan *kernel* PT Eastern Sumatera Indonesia, pengendalian mutu dilakukan dengan memantau tiga parameter harian, yaitu persentase kadar *kernel* pecah, kadar air, dan kadar kotoran. Perusahaan menetapkan ambang toleransi maksimal sebesar 15,00% untuk *kernel* pecah dan 7,00% masing-masing untuk kadar air serta kadar kotoran [4]. Produk yang melampaui batas ini dikategorikan sebagai produk cacat dan berisiko memicu pengerjaan ulang, penurunan *grade*, hingga klaim ganti rugi dari pembeli [3]. Pengamatan awal di lapangan memperlihatkan bahwa ketiga parameter tersebut berfluktuasi cukup tajam dari hari ke hari, sehingga belum dapat dipastikan apakah variasi ini murni disebabkan oleh faktor alamiah proses atau oleh gangguan teknis yang bersifat kronis pada mesin pengolahan.

Statistical Quality Control (SQC) dipilih sebagai kerangka analisis karena menyediakan beberapa alat statistik yang saling melengkapi untuk membaca pola data produksi [5]. Diagram

ISSN 2338-7122

Pareto digunakan untuk memprioritaskan jenis kegagalan mutu yang paling banyak berkontribusi, histogram untuk mengamati bentuk sebaran data, peta kendali untuk memisahkan variasi alamiah dari variasi khusus (*assignable cause*), serta indeks kapabilitas proses untuk menilai seberapa jauh performa aktual mesin terhadap batas spesifikasi yang ditetapkan perusahaan [6]. Kelima alat tersebut dipakai bersama, mulai dari identifikasi masalah dominan sampai penelusuran akar penyebabnya melalui diagram sebab-akibat [7].

Sebagian besar penelitian SQC pada industri kelapa sawit menggunakan peta kendali $\overline{X} - R$ dengan asumsi tersedia beberapa sampel dalam satu *subgroup* pengukuran [8]. Kondisi ini berbeda dengan praktik pengujian laboratorium PT Eastern Sumatera Indonesia yang hanya mengambil satu sampel komposit per hari untuk setiap parameter mutu. Pada situasi pengambilan sampel tunggal semacam ini, peta kendali *Individual-Moving Range* (I-MR) lebih sesuai digunakan karena mampu mengukur stabilitas rata-rata proses sekaligus variabilitas jangka pendek tanpa memerlukan *subgroup* data [9]. Penggunaan peta $\overline{X} - R$ pada kasus sampel tunggal berisiko menghasilkan estimasi batas kendali yang bias, sehingga pemilihan peta I-MR pada penelitian ini menyesuaikan metode dengan karakteristik data lapangan.

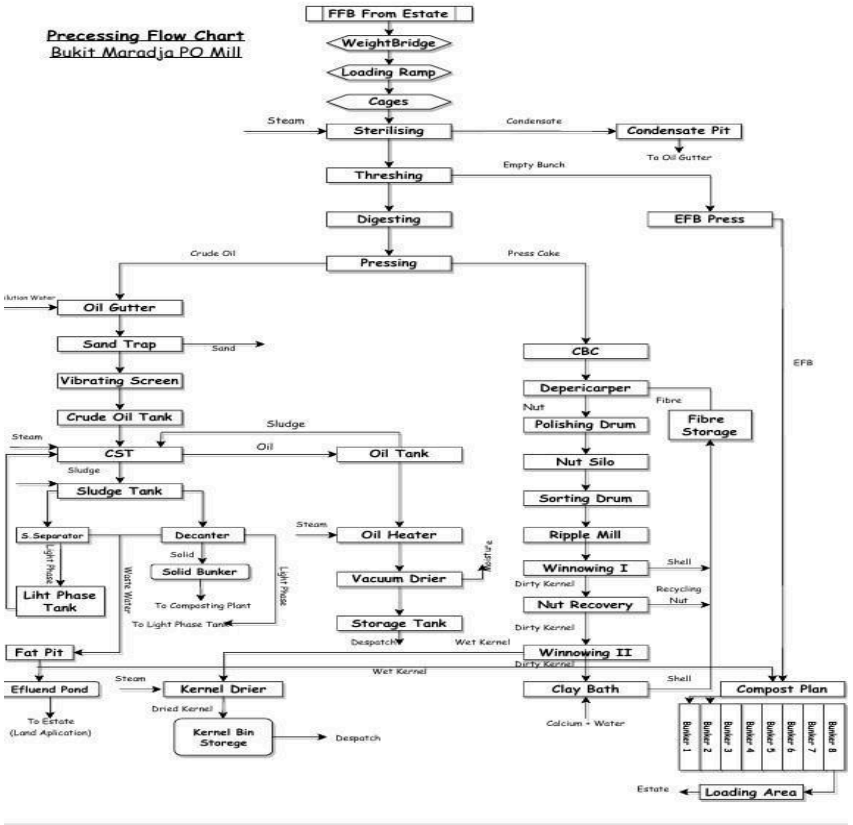
Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kestabilan dan kapabilitas proses produksi *kernel* di PT Eastern Sumatera Indonesia dengan peta kendali I-MR, perhitungan indeks kapabilitas proses potensial (C_p) dan aktual (C_{pk}), serta pemetaan akar penyebab ketidaksesuaian mutu menggunakan diagram sebab-akibat. Ketiga parameter mutu dianalisis secara terpisah agar rekomendasi perbaikan yang dihasilkan dapat menyasar stasiun kerja yang relevan, baik stasiun *ripple mill*, *kernel silo*, maupun *claybath*.

Metode Penelitian

Penelitian ini dirancang sebagai studi kasus dengan pendekatan kuantitatif deskriptif. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual proses pengendalian mutu *kernel* serta menganalisis tingkat kestabilan kualitas produk berdasarkan data operasional yang diperoleh selama periode penelitian. Lokasi penelitian adalah unit pengolahan dan laboratorium pengendalian mutu PT Eastern Sumatera Indonesia yang berada di Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara, dengan kapasitas rancangan pengolahan tandan buah segar (TBS) sebesar 30 ton per jam.

Data yang dianalisis berupa catatan hasil pengujian laboratorium harian selama 27 hari kerja aktif pada Januari sampai Februari 2026. Data dikumpulkan melalui pengamatan langsung pada alur proses stasiun *kernel*, wawancara dengan operator stasiun pengolahan, serta dokumentasi *logbook* resmi laboratorium *Quality Control*. Pengujian dilakukan satu kali setiap hari kerja terhadap sampel komposit *kernel* yang diambil dari keluaran *kernel bin*. Kadar *kernel* pecah ditentukan melalui pemilahan manual berdasarkan berat, kadar air diukur menggunakan metode oven pengering standar, sedangkan kadar kotoran diperiksa melalui metode ekstraksi pelarut sesuai prosedur baku laboratorium perusahaan. Data tersebut dianalisis dengan metode *Statistical Quality Control* (SQC) dan *Fishbone Diagram*. Alur proses pengolahan *kernel* di pabrik ditampilkan pada Gambar 1.

ISSN 2338-7122



Gambar 1. Diagram Alir Proses Pengolahan Stasiun *Kernel*

Nilai *Moving Range* (MR) dihitung dari selisih absolut antara dua data harian berurutan:

$$MR_i = |X_i - X_{i-1}|$$

Batas kendali untuk peta individual (X) dirumuskan dengan menghitung rata-rata ($\overline{X}$), batas kendali atas (UCL_X), dan batas kendali bawah (LCL_X):

$$CL_X = \overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$
$$UCL_X = \overline{X} + 3\frac{MR^-}{d_2}$$
$$LCL_X = \overline{X} - 3\frac{MR^-}{d_2}$$

Konstanta d_2 yang digunakan adalah 1,128 karena ukuran rentang bergerak didasarkan pada dua sampel berurutan ($n = 2$) [10]. Batas kendali untuk peta *Moving Range* (MR) dirumuskan sebagai berikut:

$$CL_{MR} = MR^- = \frac{\sum_{i=2}^{n} MR_i}{n-1}$$
$$UCL_{MR} = D_4 MR^-$$
$$LCL_{MR} = D_3 MR^-$$

ISSN 2338-7122

Nilai konstanta $D_3 = 0$ dan $D_4 = 3,267$ untuk ukuran sampel $n = 2$ [10]. Standar deviasi proses (σ) diestimasi menggunakan hubungan:

$$\sigma = \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

Kinerja jangka panjang stasiun pengolahan diukur melalui indeks kapabilitas potensial (C_p) dan aktual (C_{pk}) dengan rumus:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$
$$C_{pk} = \left(\frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}\right)$$

Nilai USL adalah batas spesifikasi atas dan LSL adalah batas spesifikasi bawah yang ditentukan oleh kebijakan manajemen mutu PT Eastern Sumatera Indonesia [11]. Karena perusahaan hanya menetapkan batas maksimum, nilai LSL diasumsikan 0%. Kategori kapabilitas proses ditentukan berdasarkan nilai C_{pk}: proses digolongkan sangat kapabel apabila $C_{pk} \geq 1,33$, kapabel apabila $1,00 \leq C_{pk} < 1,33$, dan tidak kapabel apabila $C_{pk} < 1,00$ [9]. Seluruh perhitungan pada penelitian ini, mulai dari rata-rata proses, batas kendali, hingga indeks kapabilitas, diolah menggunakan Microsoft Excel dengan tingkat kepercayaan baku 3-sigma yang lazim digunakan pada peta kendali individual [9].

Hasil dan Pembahasan

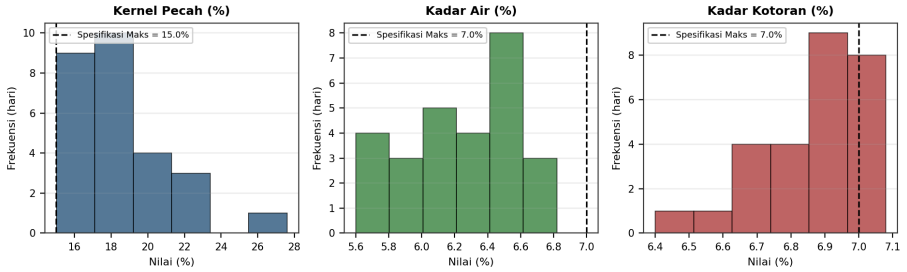
Tabel 1 merangkum nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan simpangan baku ketiga parameter mutu selama periode pengamatan.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Data Mutu *Kernel* Periode Pengamatan

No	Parameter Mutu	Minimum (%)	Maksimum (%)	Rata-rata (%)	Std. Deviasi (%)
1	*Kernel* Pecah	15,02	27,60	18,516	2,813
2	Kadar Air	5,60	6,82	6,237	0,345
3	Kadar Kotoran	6,40	7,08	6,848	0,157

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar *kernel* pecah memiliki rentang nilai paling lebar (15,02% sampai 27,60%) dengan simpangan baku 2,813%, jauh lebih tinggi dibandingkan kadar air (0,345%) dan kadar kotoran (0,157%). Rentang yang lebar ini menandakan bahwa proses pemecahan biji sawit lebih bervariasi dari hari ke hari dibandingkan proses pengeringan dan pemurnian.

Histogram pada Gambar 2 menunjukkan bentuk sebaran ketiga parameter mutu sebelum dianalisis dengan peta kendali.



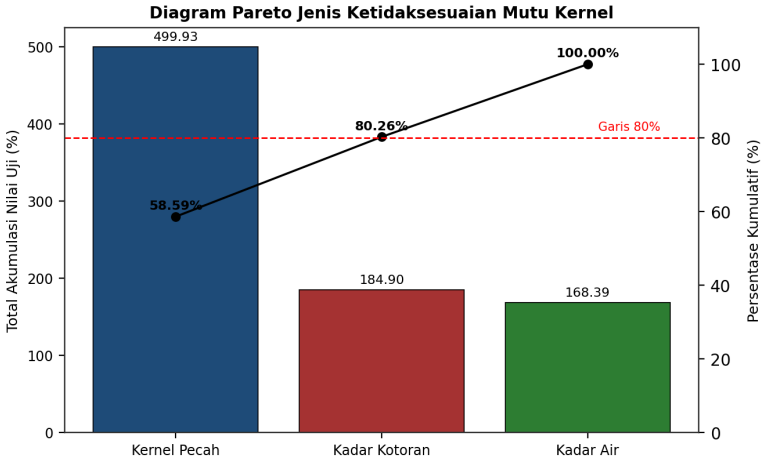
Gambar 2. Histogram Sebaran Data Mutu *Kernel* Periode Pengamatan

Histogram kadar *kernel* pecah memperlihatkan pola condong ke kanan (*right-skewed*), dengan sebagian besar data terkonsentrasi pada rentang 15% sampai 20% dan satu titik ekstrem pada 27,60% yang menjauh dari kelompok data lainnya. Sebaliknya, histogram kadar air dan

ISSN 2338-7122

kadar kotoran menunjukkan pola yang relatif simetris dan terpusat rapat di sekitar nilai rata-ratanya masing-masing, mengindikasikan variabilitas proses yang lebih terkendali dibandingkan kadar *kernel* pecah.

Berdasarkan data pada Tabel 1, diagram Pareto pada Gambar 3 disusun untuk memprioritaskan parameter mutu yang paling banyak menyumbang ketidaksesuaian.

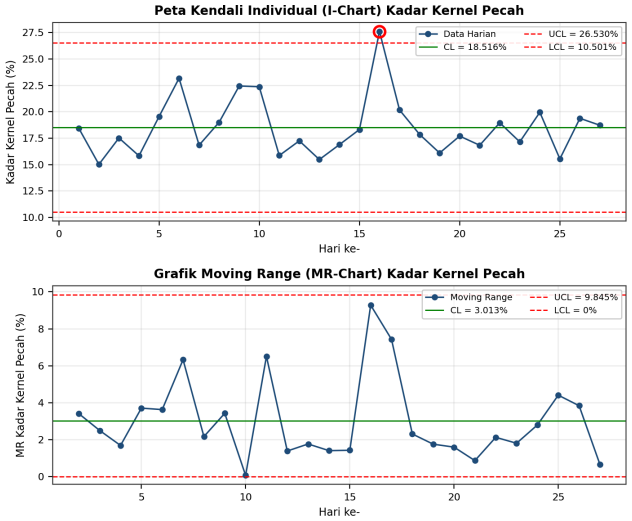


Gambar 3. Diagram Pareto Jenis Ketidaksesuaian Mutu *Kernel*

Hasil rekapitulasi menunjukkan total akumulasi nilai uji kadar *kernel* pecah selama periode pengamatan sebesar 499,93% atau setara 58,59% dari keseluruhan nilai uji ketiga parameter, disusul kadar kotoran sebesar 184,90% (21,67%) dan kadar air sebesar 168,39% (19,74%). Merujuk prinsip Pareto 80/20, upaya perbaikan mutu di lapangan sebaiknya diprioritaskan pada penurunan kadar *kernel* pecah karena kontribusinya yang paling dominan terhadap total ketidaksesuaian mutu [12].

Analisis Peta Kendali I-MR Parameter Kadar *Kernel* Pecah

Perhitungan parameter peta kendali I-MR untuk kadar *kernel* pecah menghasilkan rata-rata proses ($\overline{X}$) sebesar 18,516% dan rata-rata rentang bergerak ($\overline{MR}$) sebesar 3,013%. Dengan konstanta $d_2 = 1,128$ dan $D_4 = 3,267$, diperoleh batas kendali peta individual $UCL_X = 26,530\%$ dan $LCL_X = 10,501\%$, serta batas kendali peta MR yaitu $UCL_{MR} = 9,845\%$ dan $LCL_{MR} = 0\%$. Kedua peta kendali ditampilkan pada Gambar 4.

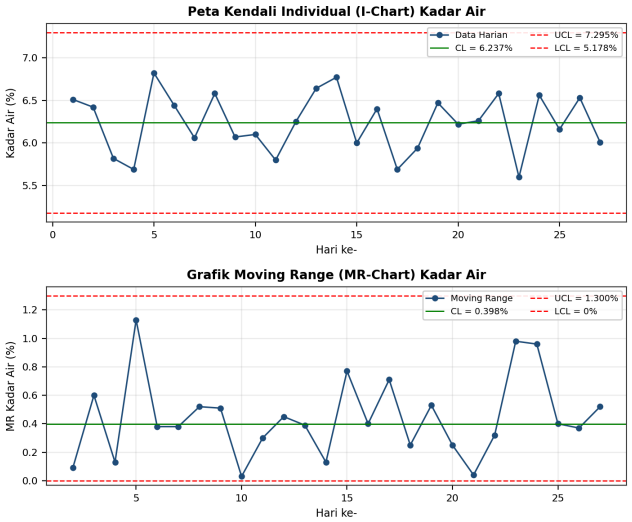


Gambar 4. Peta Kendali I-MR Kadar *Kernel* Pecah

Panel bawah pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa seluruh nilai rentang bergerak harian berada di bawah UCL_{MR}, yang berarti variabilitas jangka pendek antarhari relatif stabil. Namun pada panel atas (peta individual), data hari ke-16 sebesar 27,60% melampaui $UCL_X = 26,530\%$, menandakan adanya penyimpangan proses akibat faktor eksternal yang bersifat khusus dan bukan variasi acak biasa [8]. Terlepas dari titik ekstrem tersebut, rata-rata aktual kadar kernel pecah sebesar 18,516% tetap konsisten berada di atas batas toleransi spesifikasi pabrik sebesar 15,00%, sehingga persoalan pada stasiun pemecah biji sawit bersifat kronis, bukan sekadar insiden satu hari [8].

Analisis Peta Kendali I-MR Parameter Kadar Air

Analisis kestabilan pada parameter kadar air menghasilkan rata-rata proses ($\overline{X}$) sebesar 6,237% dan rata-rata rentang bergerak ($\overline{MR}$) sebesar 0,398%. Batas kendali peta individual dihitung sebesar $UCL_X = 7,295\%$ dan $LCL_X = 5,178\%$, sedangkan batas kendali peta MR adalah $UCL_{MR} = 1,300\%$ dan $LCL_{MR} = 0\%$, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5.



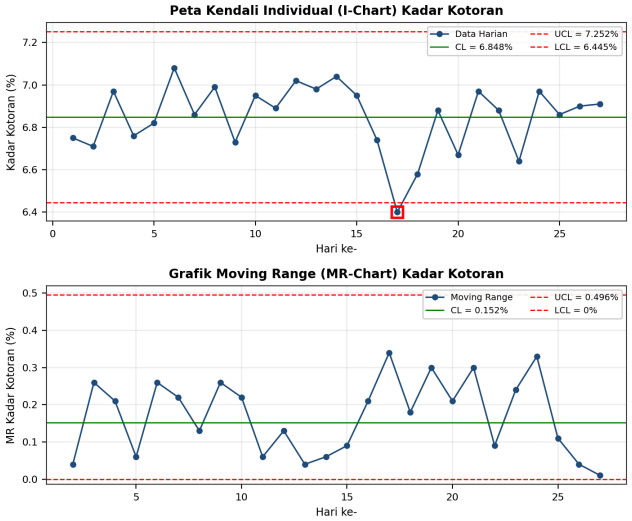
Gambar 5. Peta Kendali I-MR Kadar Air

Seluruh titik pengamatan harian pada kedua peta kendali berada di dalam batas kendali statistik, dan rata-rata aktual (6,237%) masih berada di bawah batas spesifikasi maksimal pabrik sebesar 7,00%. Proses pengeringan di unit *kernel silo* stabil secara statistik selama periode pengamatan [13]. Meski begitu, rata-rata proses dekat dengan batas spesifikasi atas, sehingga pergeseran kecil pada suhu pengeringan bisa mendorong nilai rata-rata melewati ambang batas.

Analisis Peta Kendali I-MR Parameter Kadar Kotoran

Analisis parameter kadar kotoran menghasilkan rata-rata pengamatan ($\overline{X}$) sebesar 6,848% dan rata-rata rentang bergerak ($\overline{MR}$) sebesar 0,152%. Batas kendali peta individual dihitung sebesar $UCL_X = 7,252\%$ dan $LCL_X = 6,445\%$, sedangkan batas kendali peta MR adalah $UCL_{MR} = 0,496\%$ dan $LCL_{MR} = 0\%$, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.

ISSN 2338-7122



Gambar 6. Peta Kendali I-MR Kadar Kotoran

Hasil pemetaan menunjukkan satu titik pengamatan pada hari ke-17 sebesar 6,40% berada di bawah $LCL_X = 6,445\%$. Meskipun penurunan kadar kotoran menguntungkan bagi mutu produk, keluarnya titik data dari batas kendali bawah tetap dibaca sebagai indikasi ketidakstabilan proses secara statistik, bukan perbaikan yang disengaja [9]. Kondisi ini kemungkinan berkaitan dengan fluktuasi densitas larutan sirkulasi pada stasiun pemisahan cangkang (*claybath*) yang perlu disesuaikan agar proses berjalan konsisten dari hari ke hari.

Rekapitulasi Hasil Analisis Peta Kendali I-MR

Tabel 2. Rekapitulasi Parameter Statistik Peta Kendali I-MR Ketiga Parameter Mutu

No	Parameter Mutu	Spesifikasi Maks.	$\bar{X}$	UCLX	LCLX	$\bar{MR}$	UCLMR	Status Stabilitas
1	*Kernel* Pecah	15,00	18,516	26,530	10,501	3,013	9,845	Tidak Stabil
2	Kadar Air	7,00	6,237	7,295	5,178	0,398	1,300	Stabil
3	Kadar Kotoran	7,00	6,848	7,252	6,445	0,152	0,496	Tidak Stabil

Tabel 2 menunjukkan bahwa dari tiga parameter, hanya kadar air yang stabil secara statistik sepanjang periode pengamatan. Kadar *kernel* pecah dan kadar kotoran tidak stabil karena ada titik pengamatan yang melampaui batas kendali masing-masing.

Analisis Kapabilitas Proses (C_p dan C_{pk})

Perhitungan kapabilitas proses dilakukan untuk mengukur kinerja aktual stasiun *kernel* dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan rentang spesifikasi perusahaan. Ringkasan hasil perhitungan standar deviasi estimasi (σ), indeks C_p, dan indeks C_{pk} disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses (C_p dan C_{pk}) Parameter Mutu

No.	Parameter Mutu	σ Estimasi	C_p	C_{pk}	Status Kapabilitas
1	*Kernel* Pecah	2,672%	0,936	-0,439	Tidak Kapabel
2	Kadar Air	0,353%	3,307	0,721	Tidak Kapabel
3	Kadar Kotoran	0,135%	8,674	0,376	Tidak Kapabel

ISSN 2338-7122

Kadar *Kernel* Pecah: Nilai $C_p = 0,936 < 1,00$ menunjukkan bahwa sebaran variasi proses pengolahan lebih lebar dibandingkan batas toleransi spesifikasi [9]. Nilai C_{pk} yang negatif (-0,439) menunjukkan bahwa rata-rata aktual kadar *kernel* pecah harian secara konsisten berada di luar batas spesifikasi maksimal ($USL = 15,00\%$). Artinya, stasiun pemecah biji sawit tidak kapabel.

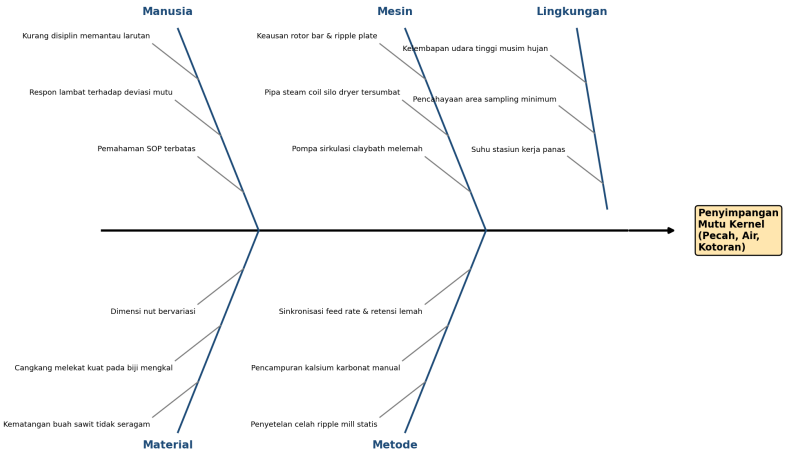
Kadar Air: Nilai $C_p = 3,307 > 1,33$ menunjukkan variabilitas proses pengeringan sangat kecil dan konsisten. Namun, posisi rata-rata proses ($\overline{X} = 6,237\%$) yang sangat dekat dengan batas spesifikasi atas ($USL = 7,00\%$) menyebabkan nilai C_{pk} aktual turun menjadi 0,721 ($C_{pk} < 1,00$). Kondisi ini menandakan proses rentan menghasilkan produk dengan kadar air berlebih apabila terjadi pergeseran rata-rata suhu pengeringan.

Kadar Kotoran: Proses pemisahan cangkang memiliki sebaran data yang rapat ($C_p = 8,674$). Namun, rata-rata kadar kotoran aktual sebesar 6,848% hampir menyentuh batas kritis spesifikasi (7,00%), sehingga nilai C_{pk} aktual turun menjadi 0,376. Hal ini menunjukkan bahwa stasiun pemurnian *claybath* belum memiliki kapabilitas yang cukup untuk menjamin kebersihan *kernel* secara konsisten.

Hasil peta kendali dan kapabilitas proses menunjukkan dua pola kegagalan. Parameter dengan sebaran data yang rapat, yaitu kadar air dan kadar kotoran, justru gagal memenuhi kapabilitas karena posisi rata-ratanya terlalu dekat dengan batas spesifikasi atas, sementara parameter dengan sebaran data yang lebih lebar, yaitu kadar *kernel* pecah, tidak kapabel karena rata-ratanya sudah melampaui batas spesifikasi. Kedua pola ini menuntut intervensi yang berbeda: pemusatan ulang proses (*process re-centering*) untuk kadar air dan kadar kotoran, serta pengurangan variasi (*variation reduction*) untuk kadar *kernel* pecah.

Analisis Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone Diagram*)

Diagram sebab-akibat pada Gambar 7 memetakan faktor penyebab tidak tercapainya kapabilitas proses.



Gambar 7. Diagram Sebab-Akibat Kualitas Mutu *Kernel*

Berdasarkan analisis diagram sebab-akibat, faktor mesin dan metode kerja menjadi penyebab dominan penyimpangan mutu *kernel*. Keausan komponen *rotor bar* dan *ripple plate* pada mesin *ripple mill* menyebabkan gaya benturan tidak merata, sehingga persentase *kernel* pecah meningkat [8]. Metode penyetelan celah pemecah secara statis juga mempersulit penyesuaian terhadap variasi dimensi biji sawit umpan. Selain itu, tingkat kematangan buah

ISSN 2338-7122

kelapa sawit yang tidak seragam (TBS mengkal) membuat cangkang melekat erat pada biji, sehingga memerlukan gaya benturan lebih tinggi yang mempercepat keausan komponen. Pada stasiun claybath, metode pencampuran kalsium karbonat secara manual menyebabkan densitas larutan sirkulasi berfluktuasi, sehingga efisiensi pemisahan cangkang tidak stabil. Faktor lingkungan berupa kelembapan tinggi saat musim hujan turut memperlambat laju penguapan air di kernel silo, yang meningkatkan risiko kadar air kernel melampaui batas aman. Faktor manusia, seperti keterbatasan pemahaman SOP dan respons yang lambat terhadap deviasi mutu, memperbesar peluang penyimpangan terus berulang tanpa terdeteksi lebih awal [14].

Kesimpulan dan Saran

Proses produksi *kernel* kelapa sawit di PT Eastern Sumatera Indonesia berada dalam kondisi tidak stabil dan tidak kapabel memenuhi batas toleransi kualitas perusahaan. Parameter kadar *kernel* pecah menjadi jenis kecacatan paling dominan dengan kontribusi sebesar 58,59%. Analisis statistik menunjukkan proses pengolahan kadar *kernel* pecah dan kadar kotoran berada dalam kondisi tidak terkendali karena adanya data harian yang keluar dari batas kendali peta I-MR. Indeks kapabilitas proses aktual (C_{pk}) untuk kadar *kernel* pecah (-0,439), kadar air (0,721), dan kadar kotoran (0,376) seluruhnya berada di bawah standar minimum ($C_{pk} \geq 1,00$), yang menunjukkan bahwa stasiun *kernel* tidak kapabel menghasilkan produk sesuai spesifikasi pabrik. Kegagalan mutu di stasiun pengolahan didominasi oleh faktor keausan komponen mesin pemecah, penyumbatan pipa pemanas stasiun pengering, serta metode kontrol densitas bak pemisah yang masih dilakukan secara manual.

Manajemen disarankan melakukan kalibrasi celah *ripple mill* secara dinamis sesuai variasi ukuran biji sawit umpan untuk menekan kadar *kernel* pecah. Pada stasiun pengeringan, pembersihan sumbatan debu pada pipa pemanas dan kalibrasi alat kontrol suhu otomatis perlu dilakukan untuk menjaga kestabilan penguapan air. Perusahaan juga perlu memasang sensor densitas otomatis untuk mengontrol densitas cairan sirkulasi di stasiun *claybath* agar daya apung pemisah cangkang tetap stabil. Pelatihan SOP bagi operator stasiun *kernel* dan perbaikan pencahayaan di area pengambilan sampel juga perlu dilakukan untuk menekan kesalahan akibat kelalaian manusia.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Periode pengamatan yang digunakan hanya mencakup 27 hari kerja pada satu pabrik, sehingga generalisasi hasil ke pabrik kelapa sawit lain perlu dilakukan dengan hati-hati. Pengambilan satu sampel komposit per hari juga membatasi analisis pada tingkat variasi antarhari dan belum mampu menangkap variasi di dalam hari yang sama. Penelitian lanjutan disarankan memperpanjang durasi pengamatan, menambah frekuensi pengambilan sampel harian agar peta kendali $\overline{X} - R$ dapat diterapkan sebagai pembanding, serta menerapkan pendekatan *DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control)* untuk memantau efektivitas perbaikan yang direkomendasikan.

Referensi

[1] M. S. Hidayatullah, T. Tamrin, O. Oktafri, dan W. Warji, “Rancang Bangun dan Uji Kinerja Alat Pemisah Kernel Sawit dari Cangkangnya dengan Menggunakan Larutan Garam,” *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, vol. 2, no. 2, hlm. 281, Jun 2023, doi: 10.23960/jabe.v2i2.7482.

[2] K. Kasmawati, M. Alfarishi, dan S. Sofiyanurriyanti, “Analisis Kualitas Palm Kernel Oil pada PT. Ujong Neubok Dalam Menggunakan Metode Statistical Quality Control,” *Jurnal Optimalisasi*, vol. 10, no. 2, hlm. 190–197, Okt 2024, doi: 10.35308/JOPT.V10I2.9766.

[3] R. H. Mubarak dan F. Fauziyah, “Analisis Pengendalian Kualitas dengan Statistical Quality Control (SQC) untuk Mengurangi Risiko Kerusakan Produk Beras di UD. Mulya Jaya,” *Journal of Business and Halal Industry*, vol. 1, no. 2, hlm. 1–18, Des 2023, doi: 10.47134/JBHI.V1I2.110.

[4] R. Ginting dan M. G. Fattah, "Production quality control with new seven tools for defect minimization on PT. Dirgantara Indonesia," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 452, no. 1, hlm. 012082, Apr 2020, doi: 10.1088/1755-1315/452/1/012082.

[5] W. N. Adji, "Pengendalian Kualitas Proses Produksi Konveksi Pada PT Kaosta Sukses Mulia," *Jurnal Ilmiah Manajemen & Kewirausahaan*, vol. 9, no. 1, hlm. 67–80, Nov 2022, Diakses: 3 Agustus 2026. [Daring]. Tersedia pada: https://stieamsir.ac.id/journal/index.php/man/article/view/146

[6] Ari Zaqi Al Faritsy dan I. syaifuddin Ihsan syaifuddin, "Pengendalian Kualitas Produk Plastik Jenis Polypropylene Menggunakan Metode Seven Tools Pada PT. Kusuma Mulia Plasindo Infitex," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer*, vol. 3, no. 1, hlm. 49–63, Mar 2023, doi: 10.51903/juritek.v3i1.1130.

[7] E. Aristriyana dan R. Ahmad Fauzi, "Analisis Penyebab Kecacatan Produk dengan Metode Fishbone Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) pada Perusahaan Elang Mas Sindang Kasih Ciamis," *Jurnal Industrial Galuh*, vol. 4, no. 2, hlm. 75–85, Feb 2023, doi: 10.25157/jig.v4i2.3021.

[8] V. Devani dan N. W. Muhammad, "Usulan Peningkatan Kualitas Kernel dengan Menggunakan Metode PDCA," *Journal of Integrated System*, vol. 8, no. 2, hlm. 205–215, Des 2025, doi: 10.28932/jis.v8i2.13289.

[9] W. Triono, E. E. Tampubolon, dan Y. S. Hondro, "Analisis Perubahan Suhu Udara di Kota Medan Sebelum dan Sesudah Covid 19 Menggunakan Metode Statistika Quality Control," *Bilangan : Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumian dan Angkasa*, vol. 3, no. 3, hlm. 114–124, Jun 2025, doi: 10.62383/bilangan.v3i3.580.

[10] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 8th ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2019.

[11] G. Mohammad, D. R. Sulistyawati, dan A. Kausar, "Analisis Kapabilitas Proses Mesin Tenon dan Mortise Produk Bangku Kebun," *Metode : Jurnal Teknik Industri*, vol. 10, no. 1, hlm. 67–81, Mar 2024, doi: 10.33506/mt.v10i1.2924.

[12] A. Dianawati dan R. Akbar, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) (Studi Kasus: pada PT. Anugerah Indofood Barokah Makmur)," *Jurnal GICI Jurnal Keuangan dan Bisnis*, vol. 13, no. 2, hlm. 83–98, Des 2021, doi: 10.58890/JKB.V13I2.93.

[13] E. Herlina, F. H. E. Prabowo, dan D. Nuraida, "Analisis Pengendalian Mutu dalam Meningkatkan Proses Produksi," *Jurnal Fokus Manajemen Bisnis*, vol. 11, no. 2, hlm. 173, Agu 2021, doi: 10.12928/fokus.v11i2.4263.

[14] Y. Hisprastin dan I. Musfiroh, "Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri," *Majalah Farmasetika*, vol. 6, no. 1, hlm. 1, Okt 2020, doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i1.27106.