ANALYSIS OF COCOA BEAN QUALITY CONTROL USING SIX SIGMA AND FMEA METHOD AT PTPN I REGIONAL 5 KALIREJO PLANTATION BANYUWANGI

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS BIJI KAKAO MENGGUNAKAN METODE *SIX SIGMA* DAN FMEA DI PTPN I REGIONAL 5 KEBUN KALIREJO BANYUWANGI

Diana Dwi Anggraeni, Danu Indra Wardhana [1], **Andika Putra Setiawan**
Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember, Jawa Timur, Indonesia

Diterima 2 Juli 2026 / Disetujui 28 Oktober 2026

ABSTRACT

Cocoa bean quality control is essential to reduce defects and maintain product consistency. This study aimed to identify defect types, analyze potential causes, and formulate improvement recommendations at PTPN I Regional 5, Kalirejo Kendenglembu Estate, Banyuwangi, Indonesia. The study applied Six Sigma through the Define, Measure, Analyze, and Improve (DMAI) stages, integrated with Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Data were collected through observation, interviews with five purposively selected informants, and company production records from 2024. Edel cocoa bean production reached 3,597 kg, with 194 kg of defects, while bulk cocoa bean production reached 5,461 kg, with 405 kg of defects. The identified defects were non-uniform bean size and hollow beans. Non-uniform size was the dominant defect, accounting for 154 kg in Edel and 309 kg in bulk cocoa beans. The Defects per Million Opportunities (DPMO) values were 26,966.92 for Edel and 37,081.12 for bulk, with final yields of 94.61% and 92.58%, respectively. FMEA identified four groups of potential contributing factors: raw materials, machinery, methods, and human factors. The highest Risk Priority Number (RPN) was 288, indicating a risk requiring priority attention. Recommended improvements include plant maintenance, harvest scheduling control, employee supervision, routine machinery inspection, installing partitions in fermentation boxes, and scheduling bean turning.

Keywords : *Cocoa Beans, FMEA, Quality Control, Six Sigma.*

ABSTRAK

Pengendalian kualitas biji kakao diperlukan untuk mengurangi kecacatan dan menjaga konsistensi mutu produk. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi jenis kecacatan, menganalisis faktor potensial penyebab kecacatan, dan merumuskan rekomendasi perbaikan di PTPN I Regional 5 Kebun Kalirejo Kendenglembu, Banyuwangi. Penelitian menggunakan metode Six Sigma melalui tahapan Define, Measure, Analyze, dan Improve (DMAI), yang diintegrasikan dengan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Data diperoleh melalui observasi, wawancara terhadap lima informan yang dipilih secara purposive sampling, serta dokumen produksi tahun 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi biji kakao Edel mencapai 3.597 kg dengan kecacatan 194 kg, sedangkan bulk mencapai 5.461 kg dengan kecacatan 405 kg. Jenis kecacatan meliputi ukuran biji tidak seragam dan biji hampa. Cacat ukuran tidak seragam mendominasi, masing-masing sebesar 154 kg pada Edel dan 309 kg pada bulk. Nilai Defects per Million Opportunities (DPMO) mencapai 26.966,92 pada Edel dan 37.081,12 pada bulk, dengan final yield masing-masing 94,61% dan 92,58%. FMEA mengidentifikasi empat kelompok faktor potensial penyebab kecacatan, yaitu bahan baku, mesin, metode, dan manusia. Nilai Risk Priority

[1*]Korespondensi Penulis :
Email: danuindra@unmuhjember.ac.id

Number (RPN) tertinggi sebesar 288 menunjukkan prioritas risiko yang perlu diperhatikan. Rekomendasi perbaikan meliputi pemeliharaan tanaman, pengendalian jadwal panen, pengawasan karyawan, pemeriksaan mesin rutin, penambahan sekat kotak fermentasi, dan penjadwalan pembalikan biji.
Kata kunci : Biji Kakao, FMEA, Pengendalian Kualitas, *Six Sigma*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah sebagai salah satu negara terbesar di dunia penghasil kakao, selain Pantai Gading dan Ghana. Tahun 2023, produksi kakao Indonesia mencapai 641,7 ribu ton (Badan Pusat Statistik, 2024). Menurut data rata-rata penghasil kakao di Indonesia pada tahun 2019-2023, lebih dari 99% total produksi nasional berasal dari Perkebunan Rakyat (PR), dengan 10 (sepuluh) provinsi yang menjadi sentra utama produksi, memberikan kontribusi sebesar 90,32% terhadap produksi kakao di Indonesia secara keseluruhan (Darmawan *et al*., 2023). Sementara itu, Provinsi Jawa Timur berada di peringkat ke-10 dengan total produksi sebesar 20,1 ribu ton (Kementrian Pertanian RI, 2024), dan Jawa Timur juga menempatkan sebagai satu-satunya provinsi di Pulau Jawa yang termasuk dalam 10 besar daerah penghasil kakao terbesar (Badi'ah *et al*., 2023).

Kabupaten Banyuwangi merupakan salah satu daerah penghasil kakao terbesar di Provinsi Jawa Timur. Daerah yang terletak di ujung Timur Pulau Jawa ini, menduduki peringkat pertama dalam produksi kakao selama tahun 2021-2022. Pada tahun 2023, Kabupaten Banyuwangi memproduksi 350 ton kakao (Badan Pusat Statistik, 2024). Banyuwangi telah lama dikenal sebagai penghasil kakao terbaik di dunia (Badi'ah *et al*., 2023). Salah satu daerah di Banyuwangi yang berfokus pada agroindustri kakao adalah Kecamatan Glenmore, yang memiliki potensi ekonomi yang cukup besar karena adanya agroindustri pada pengolahan kakao yaitu PT. Perkebunan Nusantara I Regional 5 (PTPN I Regional 5).

PTPN I Regional 5 adalah salah satu perusahaan yang berkontribusi pada pengembangan sektor pertanian dan perkebunan di daerah tersebut. Perkebunan ini mengandalkan dua jenis kakao, yaitu kakao edel dan *bulk*, sebagai komoditas unggulannya. Kualitas produk turunan kakao, seperti cokelat dan bahan pangan lainnya, sangat bergantung pada kualitas biji kakao yang digunakan untuk menghasilkan cokelat yang berkualitas tinggi. Namun, PTPN I Regional 5 pada saat ini mengalami penurunan produksi sehingga kualitas yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar yang digunakan, karena ketidakseragaman dan kerusakan pada Biji Kakao. PTPN I Regional 5 menerapkan klasifikasi mutu biji kakao berdasarkan kriteria perusahaan, yang meliputi mutu I.AA (jumlah biji maksimal 85 biji per 100 gram), I.B (jumlah biji berkisar antara 101–110 biji per 100 gram), I.Sa (jumlah biji lebih dari 120 biji per 100 gram), I.Sc (berada di lapisan sortasi paling bawah untuk kategori biji kecil), BKH (Biji Kakao Hampa), dan Kepek. Klasifikasi tersebut digunakan untuk membedakan mutu biji kakao berdasarkan karakteristik fisik, terutama ukuran biji, keseragaman, serta kondisi biji berisi atau hampa.

Proses produksi biji kakao dilakukan dengan baik dan tepat, namun sering kali terdapat ketidaksesuaian antara produk yang dihasilkan. Untuk menghasilkan biji kakao dengan tingkat kecacatan yang rendah, sangat diperlukan perhatian yang khusus dalam proses pasca panen kakao. Oleh karena itu, pengawasan terhadap biji kakao yang dihasilkan dari kebun sangat penting, karena pengawasan sebelum diproses dapat meningkatkan kualitas produk akhir (Sihombing dan Sumartini, 2017). Pengendalian kualitas bertujuan untuk mencegah produk yang tidak memenuhi standar kualitas yang diinginkan (Surya, 2019).

Salah satu metode untuk mengenalisis jumlah cacat suatu masalah produk pada perusahaan yaitu metode *Six Sigma*. Metode *Six Sigma* adalah strategi pengendalian dan peningkatan kualitas secara

dramatik menuju nol kesalahan *(zero defect)*. Implementasi metode *Six Sigma* ini dapat dicapai dengan menggunakan pendekataan DMAIC, yaitu berarti *Define, Measure, Analyze, Improve*, dan *Control*. Tahapan DMAIC digunakan secara terstruktur yang berdasarkan pada ilmu pengetahuan (Setiawati *et al*., 2020).

Penelitian terdahulu mengenai mutu dan pengolahan biji kakao telah dilakukan dengan fokus dan pendekatan yang beragam. Badi'ah *et al*. (2023) mengkaji manajemen sumber daya manusia, operasional, dan pemasaran pada usaha pengolahan biji kakao di PTPN XII Kebun Kendenglembu dengan pendekatan kualitatif. Sementara itu, Sabahannur *et al.* (2023) menganalisis mutu fisik dan kimia biji kakao dari beberapa jenis klon menggunakan parameter ukuran biji, kadar air, kadar lemak, pH, dan total asam tertitrasi. Kedua penelitian tersebut memberikan gambaran mengenai pengelolaan agroindustri dan karakteristik mutu biji kakao, tetapi memiliki fokus analisis yang berbeda dari pengendalian kualitas berbasis pengukuran tingkat kecacatan dan penentuan prioritas risiko kegagalan proses. Di sisi lain, penerapan metode *Six Sigma* yang diintegrasikan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) telah digunakan dalam pengendalian kualitas produk manufaktur, seperti penelitian Dewantoro et al. (2025) pada produk *calzone*, untuk mengukur kinerja kualitas, mengidentifikasi penyebab kecacatan, dan merumuskan tindakan perbaikan. Berdasarkan perbedaan fokus tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menerapkan pendekatan *Six Sigma* dan FMEA secara terpadu pada pengendalian kualitas biji kakao edel dan *bulk* di PTPN I Regional 5 Kebun Kalirejo, Kendenglembu, Banyuwangi. Kontribusi penelitian terletak pada pengukuran tingkat kecacatan kedua jenis kakao, identifikasi faktor penyebab kecacatan pada proses budidaya dan pengolahan, serta penentuan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil penelitian diharapkan memberikan dasar analitis bagi perusahaan untuk menetapkan prioritas tindakan perbaikan kualitas sesuai dengan kondisi operasional agroindustri kakao yang diteliti.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PTPN I Regional 5, yang terletak di Kebun Kalirejo Kendenglembu, Kecamatan Glenmore, Kabupaten Banyuwangi, pada bulan Desember 2024 – Januari 2025.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari data primer yang diperoleh melalui wawancara dan hasil observasi lapangan, serta data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan, lembaga pemerintah dan literatur yang berhubungan dengan topik penelitian. Alat yang digunakan meliputi laptop, *microsoft word, microsoft excel* serta alat tulis.

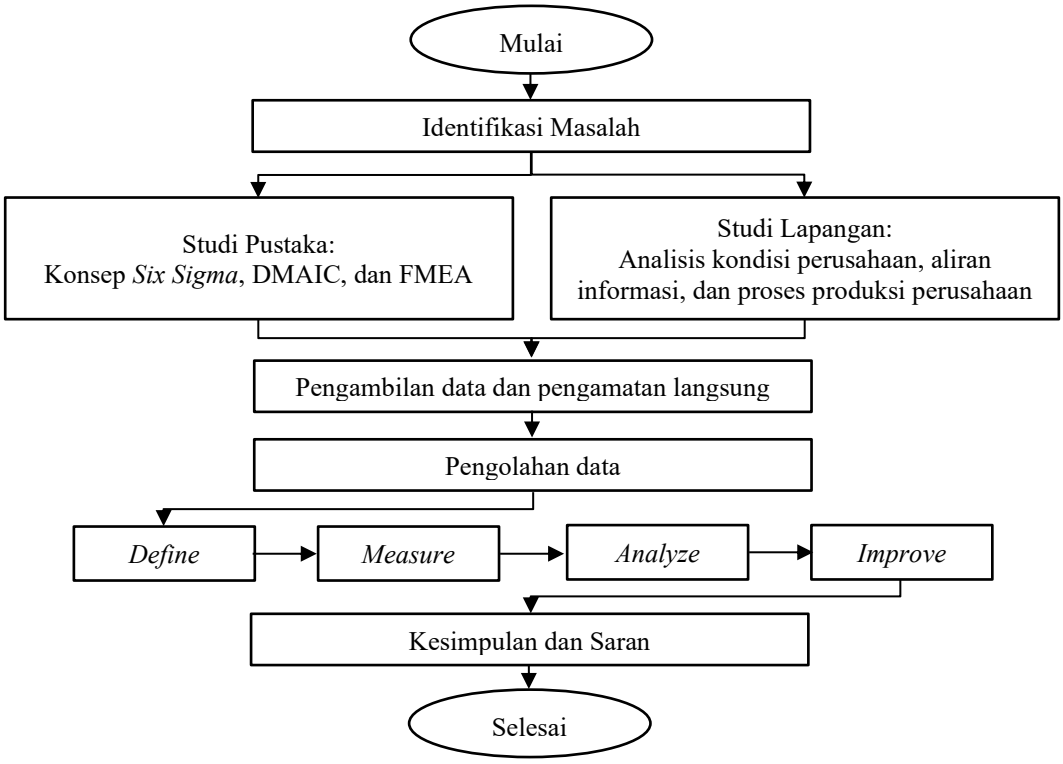
Rancangan Penelitian

Pengumpulan data primer dilakukan melalui wawancara dan observasi langsung terhadap proses pengendalian kualitas biji kakao di PTPN I Regional 5. Sementara itu data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan seperti laporan mutu produk biji kakao dan data cacat produk biji kakao dari PTPN I Regional 5 selama periode tahun 2024, lembaga pemerintah dan literatur yang berhubungan dengan topik penelitian. Informan penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu berdasarkan pertimbangan jabatan, pengalaman kerja, dan keterlibatan informan dalam kegiatan budidaya, pengolahan, serta pengendalian kualitas biji kakao. Informan yang menjadi sasaran wawancara meliputi asisten teknologi pengolahan, mandor pabrik, dan mandor kebun yang memiliki pengalaman kerja lebih dari 10 tahun di bidang terkait. Jumlah informan penelitian sebanyak 5 orang.

Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur dengan menggunakan pedoman pertanyaan yang disusun berdasarkan tujuan penelitian. Pertanyaan mencakup standar mutu biji kakao, jenis dan karakteristik kecacatan, tahapan proses produksi, faktor-faktor yang diduga menyebabkan kecacatan, serta tindakan pengendalian kualitas yang telah diterapkan perusahaan. Prosedur wawancara meliputi penentuan informan sesuai kriteria penelitian, penyampaian tujuan wawancara, pengajuan pertanyaan berdasarkan pedoman, pencatatan jawaban dan informasi yang relevan, serta klarifikasi terhadap informasi yang diberikan.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Six Sigma* melalui tahapan DMAI (*Define*, *Measure*, *Analyze*, dan *Improve*). Tahap *Define* dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan kualitas biji kakao dan menetapkan karakteristik kualitas kritis (*Critical to Quality* atau CTQ). Tahap *Measure* dilakukan dengan mengukur tingkat kecacatan berdasarkan data produksi dan jenis cacat biji kakao selama periode pengamatan. Tahap *Analyze* bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor penyebab kecacatan, sedangkan tahap *Improve* dilakukan dengan menyusun rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil analisis dan menentukan prioritas tindakan menggunakan metode FMEA. Tahap *Control* tidak dilaksanakan dalam penelitian ini karena implementasi dan pengendalian hasil perbaikan merupakan kewenangan perusahaan sebagai pihak yang mengelola proses produksi. Tahap tersebut mencakup standardisasi tindakan perbaikan, pemantauan proses secara rutin, serta evaluasi berkelanjutan untuk menjaga konsistensi mutu dalam jangka panjang. Oleh karena itu, peran peneliti dibatasi pada analisis permasalahan kualitas dan penyusunan rekomendasi perbaikan, sedangkan pelaksanaan, pemantauan, dan evaluasi hasil perbaikan menjadi tanggung jawab perusahaan sesuai dengan kewenangan operasionalnya. Tahapan penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan penelitian

Define

Tahapan ini menentukan jumlah proporsi *defect* yang menjadi penyebab utama kegagalan produksi. Berikut langkah-langkah yang diambil yaitu: (1) mengidentifikasi masalah yang terkait dengan standar kualitas dalam produksi produk perusahaan, (2) membuat rencana tindakan yang harus dilakukan berdasarkan analisis penelitian dan hasil observasi dan (3) menetapkan tujuan peningkatan kualitas *Six Sigma*.

Penelitian ini menggunakan beberapa parameter mutu biji kakao yang dijadikan sebagai CTQ, yaitu ukuran yang seragam dan biji yang berisi. Ukuran biji seragam penting karena menentukan kualitas pada biji kakao. Jika biji tidak seragam menyebabkan penurunan kualitas biji kakao, baik dari segi ukuran maupun kerusakan pada biji kakao. Ukuran biji kakao yang lebih besar memiliki rendemen lemak yang lebih tinggi dan kualitas biji kakao yang tinggi akan memiliki nilai ekonomis yang lebih baik, sehingga mempengaruhi harga yang dibayarkan untuk jenis kualitas tertentu dan juga berperan dalam mengontrol tekstur dalam produk yang dihasilkan.

Sementara itu, biji yang berisi merupakan komponen yang terpenting, karena dalam pembuatan produk yang dibutuhkan oleh konsumen pada biji kakao adalah isi dalam biji kakao untuk dijadikan produk jadi dan berkualitas. Biji hampa menyebabkan semakin rendah kualitas pada biji kakao, kualitas ini merupakan kriteria yang paling rendah pada standar perusahaan.

Measure

Tahap pengukuran dilakukan melalui dua langkah dengan pengambilan sampel dari perusahaan, tahapan ini adalah alat statistik untuk menghitung *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) dan nilai sigma untuk melakukan validasi permasalahan sebagai berikut:

1. Analisis diagram kontrol P digunakan untuk atribut. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk membuat diagram sebagai berikut:

a Pengambilan populasi dan sempel.

b Menghitung rata-rata ketidaksesuaian produk.
Dapat dicari dengan rumus:
$p=\frac{np}{n}$
Keterangan:
P : Rata-rata ketidaksesuaian
np : Jumlah produk cacat
n : Jumlah sampel

c Pemeriksaan karakteristik dengan menghitung nilai rata-rata (*mean)*. Rumus mencari nilai *mean*:
$p=\frac{\sum np}{\sum n}$
Keterangan:
n : Jumlah total sampel
np : Jumlah total kecacatan
p : Rata-rata proporsi kecacatan

d. Menentukan nilai perhitungan UCL (*Upper Control Limit* / batas spesifikasi atas) dan LCL (*Lower Control Limit* / batas spesifikasi bawah).
$UCL = p + 3\sqrt{\underline{p(1-p)}\, n}$
$LCL = p + 3\sqrt{\underline{p(1-p)}\, n}$
Keterangan:
UCL : *Upper Control Limit*
LCL : *Lower Control Limit*

P : Rata-rata proporsi kecacatan
N : Jumlah Sampel

2. Menganalisis level sigma dan *Defect Per Milion Opportunitas* pada perusahaan, langkah, tindakan dan persamaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan pengukuran *six sigma* dan persamaan yang digunakan

Langkah	Tindakan	Persamaan
1	Menentukan jumlah unit yang diperiksa	N = total produksi yang diperiksa
2	Menentukan jumlah unit cacat	D = jumlah unit yang mengalami cacat
3	Menghitung proporsi cacat	$p = \frac{np}{n}$
4	Menentukan jumlah CTQ	K = 2, yaitu ukuran tidak seragam dan biji hampa
5	Menghitung peluang cacat per CTQ	$O = N \times K$
6	Menghitung peluang kecacatan per unit	$u = \frac{D}{N\,xK}$
7	Menghitung DPMO	$DPMO = \frac{D}{N\,xK}\ x\ 1.000.000$
8	Mengonversi DPMO menjadi level sigma	Dikonversi menggunakan tabel konversi atau fungsi distribusi normal yang dinyatakan dalam metode penelitian

Keterangan:
N = jumlah unit yang diperiksa.
D = jumlah kejadian cacat
p = proporsi unit cacat
K = jumlah karakteristik CTQ yang diperiksa.
O = jumlah peluang cacat secara keseluruhan.
u = peluang cacat per CTQ.
DPMO = *Defects per Million Opportunities*

Analyze

Mengidentifikasi penyebab masalah kualitas dengan menggunakan diagram pareto dan diagram sebab-akibat.

Improve

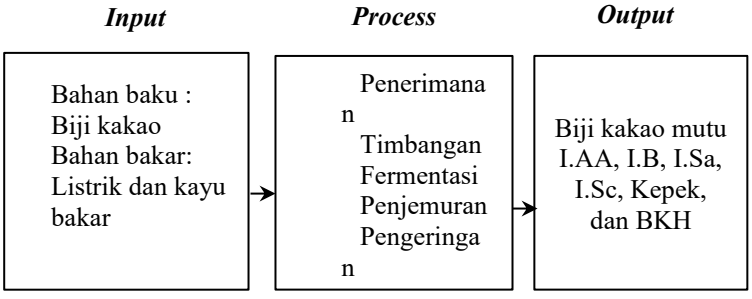
Improve adalah salah satu tahap peningkatan kualitas *Six Sigma* yang mencakup pengukuran (melihat peluang, kerusakan, dan kemampuan proses saat ini), memberikan saran untuk perbaikan, serta menganalisis dan melaksanakan tindakan perbaikan. Pada tahapan ini, metode yang digunakan adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dalam menghasilkan rekomendasi yang didasarkan pada nilai yang tertinggi pada *Risk Priority Number* (RPN).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan *Define*

Idetifikasi Faktor Penyebab Kecacatan

Pada proses pengolahan biji kakao di PTPN I Regional 5 dimulai dari beberapa tahapan untuk menghasilkan biji kakao kering yang berkualitas sesuai dengan standar perusahaan. Diagram *Input Process Output* (IPO) pada proses pengeringan biji kakao dapar dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram IPO pada proses pengeringan biji kakao

Identifikasi Masalah

Pada biji kakao yang merupakan objek penelitian di PTPN I Regional 5 yang terdapat variasi *defect*. Variasi *defect* ini dapat berdampak pada kualitas biji kakao. CTQ biji kakao kering dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. CTQ biji kakao kering

No	Spesifikasi	Jenis cacat
1	Biji kakao yang ukurannya seragam dan memiliki penampilan yang baik tanpa cacat atau kerusakan pada biji.	Ukuran yang tidak seragam
2	Biji kakao yang memiliki isi dan menghasilkan produk akhir yang berkualitas tinggi dan nilai jual yang baik.	

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa terjadinya *defect* dapat disebabkan oleh berbagai faktor yang mempengaruhi kualitas biji kakao. Hal ini mengakibatkan biji yang tidak memenuhi standar atau hasil yang diharapkan.

Tahapan *Measure*

Pada tahap ini, perhitungan peta kendali akan dilakukan dengan menggunakan peta p (*p-chart*), serta perhitungan nilai *Deferct Per Million Opportunities* (DPMO) dan level sigma. Peta kendali p digunakan untuk menentukan apakah produk perusahaan masih memenuhi syarat atau melebihi batas. Data produksi dan kecacatan biji kakao tahun 2024 yang dianalisis dalam penelitian ini mencakup bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, dan Desember. Pemilihan periode tersebut didasarkan pada ketersediaan data produksi dan kecacatan yang dapat diverifikasi melalui catatan pengendalian mutu perusahaan . Data cacat jenis biji kakao edel dan *bulk* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4..

Tabel 3. Data produksi dan jenis biji kakao edel tahun 2024

No	Bulan	Data Produksi (kg)	Jenis Cacat Produk				Total Produk Cacat (kg)	Proporsi Total (%)
			Ukuran yang Tidak Seragam (kg)	Proporsi (%)	Biji Hampa (kg)	Proporsi (%)		
1	Mei	60	2	3,33	1	1,70	3	5,00
2	Juni	201	6	3,00	3	1,50	9	4,48
3	Juli	724	25	3,50	5	0,70	30	4,14
4	Agustus	784	21	2,70	8	0,10	29	3,70
5	Desember	1.828	100	5,50	23	0,13	123	6,73
Total		3.597	154	4,28	40	0,11	194	5,39
Rata-rata		719,4	30,8	3,60	8	0,83	38,8	4,81

Berdasarkan Tabel 3 total produksi biji kakao edel tahun 2024 sebesar 3.597 kg dan rata-rata yang diperoleh 719,4 kg, dan total yang mengalami kecacatan berdasarkan ukuran yang tidak seragam dan biji hampa sebesar 194 kg dengan rata-rata yang diperoleh sebesar 38,8 kg. Kemudian pada total proporsi cacat yang didapatkan dalam proses pengeringan biji kakao edel sebanyak 0,0539 atau 5,39%, hal ini termasuk pada kualitas biji kakao mutu1.Sc dan Kepek.

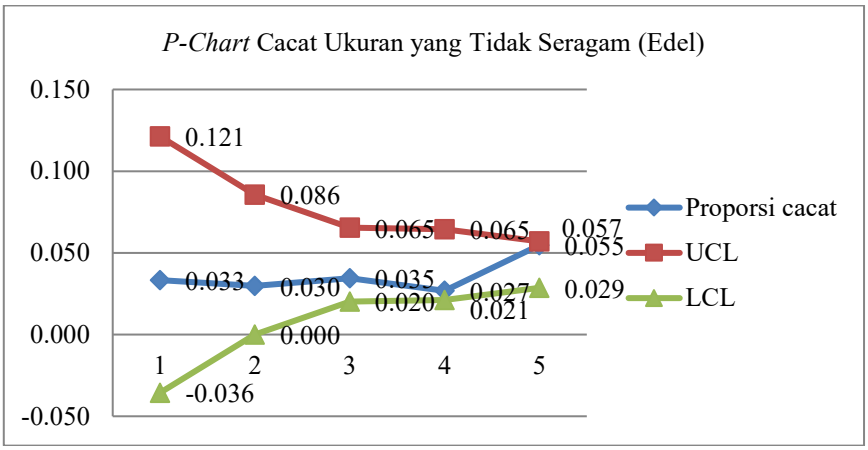
Tabel 4. Data produksi dan jenis cacat biji kakao *bulk* tahun 2024

No	Bulan	Data Produksi (kg)	Jenis Cacat Produk				Total Produk Cacat (kg)	Proporsi Total (%)
			Ukuran yang Tidak Seragam (kg)	Proporsi (%)	Biji Hampa (kg)	Proporsi (%)		
1	Mei	216	10	4,60	6	2,80	16	7,41
2	Juni	1.393	86	6,20	17	1,20	103	7,39
3	Juli	751	50	6,70	6	0,80	56	7,46
4	Agustus	638	30	4,70	17	2,70	47	7,37
5	Desember	2.463	133	5,40	50	2,00	183	7,43
Total		5.461	309	5,66	96	1,76	405	7,42
Rata-rata		1.092,2	61,8	5,52	19,2	1,90	81	7,41

Berdasarkan Tabel 4 total biji kakao *bulk* tahun 2024 yang diproduksi sebesar 5.461 kg, dengan rata-rata sebesar 1.092,2 kg, dan total yang mengalami kecacatan berdasarkan ukuran yang tidak seragam dan biji hampa sebesar 405 kg dengan rata-rata 81 kg. Kemudian pada total proporsi cacat yang didapatkan dalam proses pengeringan biji kakao *bulk* sebanyak 0,0742 atau 7,42%, hal ini termasuk pada kualitas biji kakao mutu1.Sc dan Kepek.

Peta Kendali P untuk Jenis Kecacatan Ukuran yang Tidak Seragam

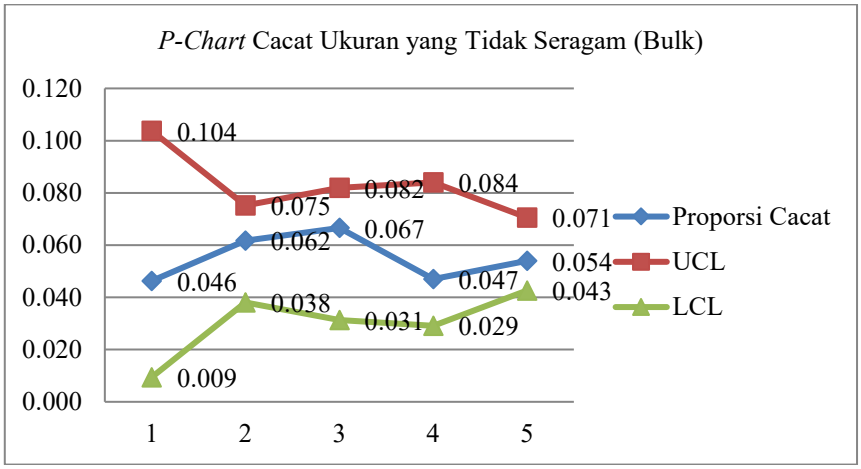
Berikut merupakan hasil dari penghitungan yang dilakukan dalam menghasilkan peta kendali p pada jenis kecacatan ukuran yang tidak seragam. Diagram *p-chart* ukuran yang tidak seragam jenis edel dan *bulk* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Peta kendali *p-chart* ukuran yang tidak seragam jenis kakao edel

Berdasarkan Gambar 3, seluruh titik proporsi cacat biji kakao Edel berada di antara batas kendali atas *Upper Control Limit* (UCL) dan batas kendali bawah *Lower Control Limit* (LCL). Pada pengamatan pertama, proporsi cacat tercatat sebesar 0,033 atau 3,3%, dengan UCL sekitar 0,121 atau 12,1% dan LCL hasil perhitungan sebesar −0,036. Karena proporsi cacat tidak dapat bernilai negatif, nilai LCL tersebut ditetapkan menjadi 0. Sementara itu, pada pengamatan kelima, proporsi cacat mencapai 0,055 atau 5,5%, dengan UCL sekitar 0,057 atau 5,7% dan LCL sebesar 0,029 atau 2,9%. Dengan demikian, seluruh titik pengamatan masih berada dalam batas kendali statistik. Menurut Ali et al. (2016) peta kendali merupakan alat untuk memantau variasi proses, sedangkan interpretasinya perlu mempertimbangkan batas kendali dan karakteristik variasi yang terjadi pada proses. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa proses produksi biji kakao edel berada dalam kondisi terkendali secara statistik berdasarkan posisi titik terhadap batas kendali. Meskipun demikian, kondisi terkendali tidak secara otomatis menunjukkan bahwa kualitas produk telah optimal atau seluruh persyaratan mutu telah terpenuhi. Pemantauan secara berkala tetap diperlukan untuk mengidentifikasi perubahan proporsi cacat dan kemungkinan munculnya pola yang tidak acak. Zwetsloot et al. (2024)

menekankan pentingnya memperhatikan aspek praktis dalam penggunaan peta kendali, termasuk interpretasi sinyal perubahan proses. Oleh karena itu, pengendalian kualitas biji kakao edel perlu dilanjutkan melalui pencatatan proporsi cacat secara konsisten, evaluasi pola data, dan penelusuran penyebab apabila ditemukan indikasi penyimpangan.

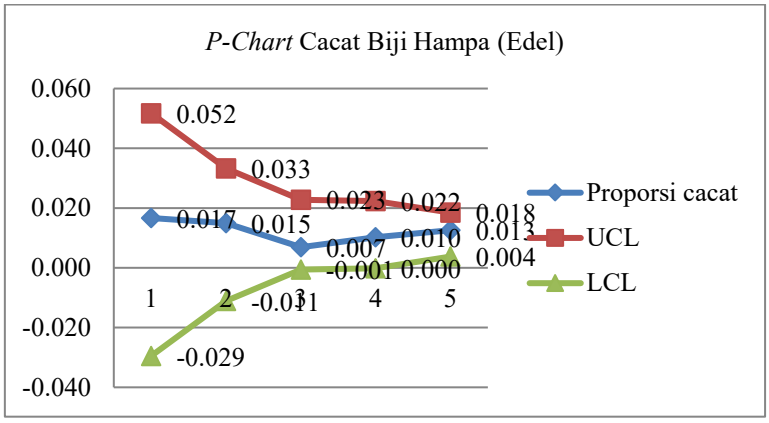


Gambar 4. Peta kendali *p-chart* ukuran yang tidak seragam jenis kakao *bulk*

Berdasarkan Gambar 4, seluruh titik proporsi cacat biji kakao *bulk* berada di antara batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL). Pada pengamatan pertama, proporsi cacat tercatat sebesar 0,049 atau 4,9%, dengan UCL sebesar 0,104 atau 10,4% dan LCL sebesar 0,009 atau 0,9%. Sementara itu, proporsi cacat tertinggi terjadi pada pengamatan kelima, yaitu sebesar 0,054 atau 5,4%, dengan UCL sebesar 0,071 atau 7,1% dan LCL sebesar 0,043 atau 4,3%. Meskipun proporsi cacat berfluktuasi selama pengamatan, seluruh titik masih berada dalam batas kendali statistik. Menurut Zwetsloot et al. (2024) peta kendali digunakan untuk membedakan variasi proses yang wajar dari variasi yang mengindikasikan adanya perubahan proses. Oleh karena itu, posisi titik yang berada di antara UCL dan LCL merupakan indikasi bahwa proses produksi biji kakao *bulk* terkendali secara statistik berdasarkan batas kendali tersebut. Namun, penilaian kestabilan proses tidak cukup hanya didasarkan pada posisi titik terhadap batas kendali. Pola data juga perlu diperiksa untuk mengidentifikasi kecenderungan meningkat atau menurun, rangkaian titik pada satu sisi garis tengah, maupun pola nonacak lainnya. Pemantauan menggunakan SPC perlu dilakukan secara konsisten agar perubahan proses dapat dikenali dan tindakan perbaikan dapat ditentukan berdasarkan hasil pengamatan (Sulistyani dan Safitri, 2024; Zwetsloot et al., 2024). Dengan demikian, pengendalian kualitas biji kakao *bulk* perlu dilanjutkan melalui pencatatan proporsi cacat secara berkala dan penelusuran penyebab apabila ditemukan indikasi perubahan proses.

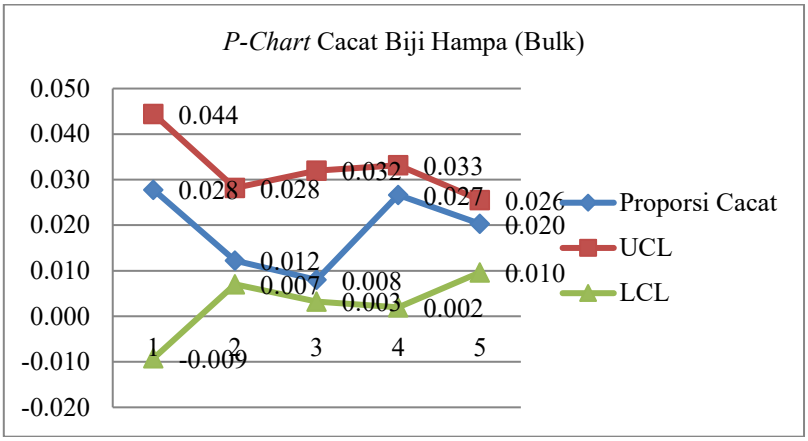
Peta Kendali P untuk Jenis Kecacatan Biji Hampa

Berikut merupakah hasil dari perhitungan yang dibuat peta kendali p untuk jenis kecacatan biji hampa. *P-chart* cacat biji hampa jenis edel dan *bulk* dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. *P-Chart* cacat biji hampa edel

Berdasarkan Gambar 5, seluruh titik proporsi cacat biji hampa pada biji kakao edel berada di antara batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL). Pada pengamatan pertama, proporsi cacat biji hampa tercatat sebesar 0,017 atau 1,7%, dengan UCL sekitar 0,052 atau 5,2%. Nilai LCL hasil perhitungan sebesar −0,029 ditetapkan menjadi 0 karena proporsi cacat tidak dapat bernilai negatif. Sementara itu, pada pengamatan kelima, proporsi cacat tercatat sebesar 0,013 atau 1,3%, dengan UCL sebesar 0,018 atau 1,8% dan LCL sebesar 0,004 atau 0,4%. Berdasarkan posisi titik terhadap batas kendali tersebut, proporsi cacat biji hampa belum menunjukkan titik yang berada di luar batas kendali statistik. Zwetsloot et al. (2024) menjelaskan bahwa peta kendali digunakan untuk memantau variasi proses dan membantu mengidentifikasi indikasi perubahan proses berdasarkan batas kendali serta pola data pengamatan. Oleh karena itu, pemantauan proporsi cacat biji hampa perlu dilakukan secara berkelanjutan, disertai evaluasi terhadap faktor-faktor yang berpotensi memengaruhi proses produksi. Zwetsloot et al. (2024) menekankan bahwa penggunaan peta kendali yang efektif memerlukan pengumpulan data yang sesuai, interpretasi sinyal secara cermat, dan evaluasi berkala terhadap kondisi proses. Dengan demikian, hasil peta kendali dapat menjadi dasar pemantauan kualitas dan penentuan tindakan perbaikan apabila ditemukan indikasi perubahan proses.



Gambar 6. *P-Chart* cacat biji hampa *bulk*

Berdasarkan Gambar 6, seluruh titik proporsi cacat biji hampa pada biji kakao *bulk* berada di antara batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL). Pada pengamatan pertama, proporsi cacat tercatat sebesar 0,028 atau 2,8%, dengan UCL sebesar 0,044 atau 4,4% dan LCL hasil perhitungan sebesar −0,009. Karena proporsi cacat tidak dapat bernilai negatif, nilai LCL tersebut ditetapkan menjadi 0. Sementara itu, pada pengamatan kelima, proporsi cacat sebesar 0,020 atau 2,0%, dengan UCL sebesar 0,026 atau 2,6% dan LCL sebesar 0,010 atau 1,0%. Berdasarkan nilai yang disajikan, proporsi cacat pada pengamatan kelima lebih rendah dibandingkan pengamatan pertama. Seluruh titik yang berada dalam batas kendali menunjukkan bahwa tidak ditemukan titik yang melampaui batas kendali statistik. Menurut Zwetsloot et al. (2024) peta kendali digunakan untuk memantau variasi proses dan mengidentifikasi indikasi perubahan proses berdasarkan posisi titik terhadap batas kendali serta pola data pengamatan. Meskipun seluruh titik berada dalam batas kendali, kestabilan proses perlu dikaji dengan memperhatikan pola data secara keseluruhan. Pola yang menunjukkan tren, rangkaian titik pada satu sisi garis tengah, atau kecenderungan nonacak lainnya dapat menjadi indikasi perubahan proses yang perlu ditelusuri. Zwetsloot et al. (2024) menekankan bahwa penerapan peta kendali memerlukan pengumpulan data yang sesuai, interpretasi sinyal secara cermat, dan pemantauan berkelanjutan. Oleh karena itu, pengendalian kualitas biji kakao *bulk* perlu dilanjutkan melalui pencatatan proporsi cacat secara konsisten dan evaluasi berkala terhadap faktor-faktor yang berpotensi memengaruhi mutu. Langkah tersebut diharapkan dapat membantu mendeteksi perubahan proses lebih dini dan menjadi dasar dalam menentukan tindakan perbaikan yang sesuai.

Pengukuran DPMO, Nilai *Final Yield* dan Level Sigma

Memulai proyek *Six Sigma*, tingkat kinerja saat ini, atau *baseline performance* harus ditentukan terlebih dahulu. Setelah itu, siklus *Six Sigma* digunakan untuk mengukur kemajuan perbaikan yang dicapai dari waktu ke waktu. Tingkat kinerja dalam *Six Sigma* adalah menghitung DPMO dan level

sigma. Hasil pengukuran DPMO, *final yield* dan level sigma biji kakao edel dan *bulk* dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Hasil pengukuran DPMO, *final yield* dan level sigma biji kakao edel

No	Parameter	Nilai	Keterangan
1	Total produksi (kg)	3.597	Produksi selama periode pengamatan
2	Cacat ukuran tidak seragam (kg)	154	Kategori cacat pertama
3	Proporsi cacat ukuran tidak seragam (%)	4,28	154/3.597 × 100%
4	Cacat biji hampa (kg)	40	Kategori cacat kedua
5	Proporsi cacat biji hampa (%)	1,11	40/3.597 × 100%
6	Total cacat (kg)	194	154 + 40
7	Proporsi total cacat (%)	5,39	194/3.597 × 100%
8	Final yield (%)	94,61	(3.597 − 194)/3.597 × 100%
9	Jumlah peluang cacat per unit (*O*)	2	Dua kategori cacat
10	DPMO	26.966,92	194/(3.597 × 2) × 1.000.000
11	Level sigma	3,427	Konversi DPMO dengan koreksi +1,5 sigma

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 5, total cacat biji kakao Edel mencapai 194 kg dari total produksi 3.597 kg, terdiri atas cacat ukuran tidak seragam sebesar 154 kg dan biji hampa sebesar 40 kg. Dengan asumsi kedua kategori cacat tidak tumpang tindih, proporsi produk cacat sebesar 5,39% dan *final yield* sebesar 94,61%. Nilai DPMO mencapai 26.966,92 dengan asumsi dua peluang cacat per unit pemeriksaan, yang menunjukkan sekitar 26.967 kejadian cacat per satu juta peluang. Berdasarkan konversi DPMO dengan koreksi *sigma shift* sebesar 1,5, diperoleh level sigma agregat sebesar 3,427. Penggunaan koreksi tersebut merupakan konvensi *six sigma* yang perlu mempertimbangkan karakteristik proses dan asumsi analisis (Coskun and Ialongo, 2020). Firmanto et al. (2021) juga menunjukkan bahwa pendekatan *six sigma* dapat digunakan untuk mengevaluasi mutu produk kakao, meskipun hasilnya tidak dapat dibandingkan secara langsung karena perbedaan objek, karakteristik kualitas, dan definisi peluang cacat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *final yield* edel mencapai 94,61%, dengan DPMO sebesar 26.966,92 dan level sigma 3,427. Nilai tersebut menjadi dasar untuk menentukan prioritas perbaikan berdasarkan analisis FMEA.

Tabel 6. Hasil pengukuran DPMO, *final yield* dan level sigma biji kakao *bulk*

No	Parameter	Nilai	Keterangan
1	Total produksi (kg)	5.461	Produksi selama periode pengamatan
2	Cacat ukuran tidak seragam (kg)	309	Kategori cacat pertama
3	Proporsi cacat ukuran tidak seragam (%)	5,66	309/5.461 × 100%
4	Cacat biji hampa (kg)	96	Kategori cacat kedua
5	Proporsi cacat biji hampa (%)	1,76	96/5.461 × 100%
6	Total cacat (kg)	405	309 + 96
7	Proporsi total cacat (%)	7,42	405/5.461 × 100%
8	Final yield (%)	92,58	(5.461 − 405)/5.461 × 100%
9	Jumlah peluang cacat per unit (*O*)	2	Dua kategori cacat
10	DPMO	37.081,12	405/(5.461 × 2) × 1.000.000
11	Level sigma	3,286	Konversi DPMO dengan koreksi +1,5 sigma

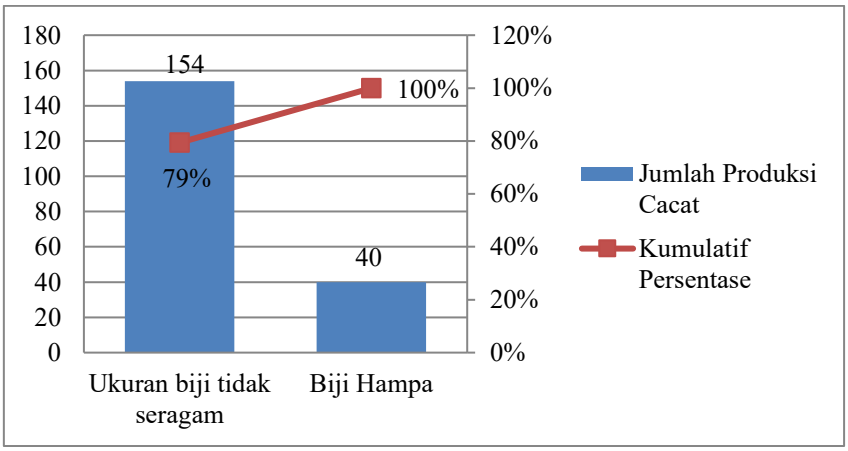
Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 6, total cacat biji kakao *bulk* mencapai 405 kg dari total produksi 5.461 kg, terdiri atas cacat ukuran tidak seragam sebesar 309 kg dan biji hampa sebesar 96

kg. Dengan asumsi kedua kategori cacat tidak tumpang tindih, proporsi produk cacat sebesar 7,42% dan final yield sebesar 92,58%, lebih rendah dibandingkan biji kakao edel (94,61%). Nilai DPMO mencapai 37.081,12 dengan asumsi dua peluang cacat per unit pemeriksaan, sedangkan konversi DPMO menggunakan koreksi *sigma shift* sebesar 1,5 menghasilkan level sigma sebesar 3,286. Penggunaan koreksi tersebut perlu mempertimbangkan karakteristik proses dan dasar statistik yang mendukungnya (Coskun and Ialongo, 2020). Firmanto et al. (2021) menunjukkan bahwa pendekatan *six sigma* dapat digunakan untuk mengevaluasi ketidaksesuaian mutu produk kakao, meskipun hasilnya tidak dapat dibandingkan secara langsung karena perbedaan objek dan parameter kualitas. DPMO *bulk* yang lebih tinggi dan *final yield* yang lebih rendah dibandingkan edel menunjukkan perlunya perhatian lebih lanjut terhadap pengendalian kualitas. Oleh karena itu, prioritas perbaikan perlu ditentukan berdasarkan hasil analisis penyebab kecacatan dan penilaian risiko menggunakan metode FMEA.

Tahapan *Analyze*

Diagram Pareto

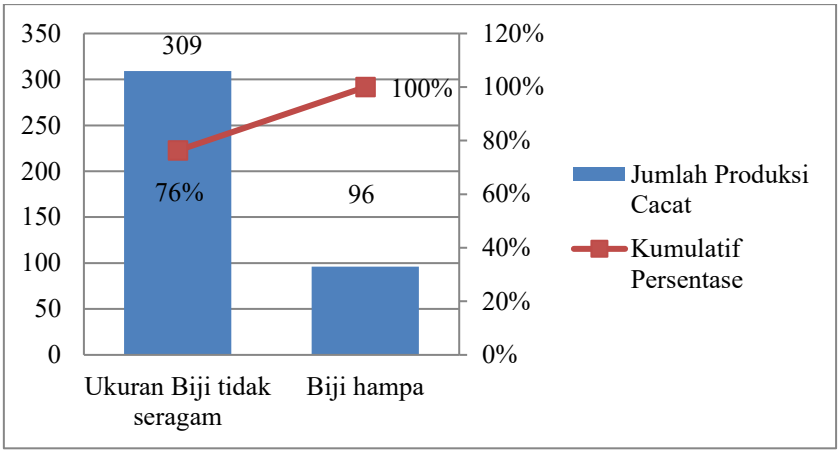
Diagram Pareto digunakan untuk mengurutkan data dari nilai terbesar ke nilai terkecil (Shabrina, 2018). Diagram Pareto pada Gambar 7 dan Gambar 8 disusun berdasarkan data jumlah kecacatan biji kakao edel dan *bulk* yang tercatat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Data mencakup dua jenis kecacatan, yaitu ukuran biji yang tidak seragam dan biji hampa. Jumlah kecacatan setiap kategori dihitung dalam satuan kilogram, kemudian diurutkan dari jumlah terbesar hingga terkecil untuk mengetahui jenis kecacatan yang memberikan kontribusi paling besar terhadap total kecacatan. Pada biji kakao edel, total kecacatan mencapai 194 kg, terdiri atas 154 kg cacat ukuran tidak seragam dan 40 kg biji hampa. Dengan demikian, cacat ukuran tidak seragam menyumbang sekitar 79% dari total kecacatan, sedangkan biji hampa menyumbang 21%. Pada biji kakao bulk, total kecacatan mencapai 405 kg, terdiri atas 309 kg cacat ukuran tidak seragam dan 96 kg biji hampa. Cacat ukuran tidak seragam memberikan kontribusi sekitar 76%, sedangkan biji hampa sebesar 24%. Hasil ini menunjukkan bahwa cacat ukuran tidak seragam merupakan jenis kecacatan dominan pada kedua jenis biji kakao. Oleh karena itu, upaya perbaikan kualitas perlu memprioritaskan pengendalian faktor-faktor yang berkaitan dengan keseragaman ukuran biji, tanpa mengabaikan penanganan cacat biji hampa.



Gambar 7. Diagram pareto biji kakao edel

Dari Gambar 7 menunjukkan penyebab cacat tertinggi adalah ukuran biji tidak seragam dengan presentase cacat 79% dan 21% cacat untuk biji hampa, dari diagram di atas, dapat diketahui

permasalahan yang perlu diatasi untuk mengurangi tingkat cacat yang terus menerus.



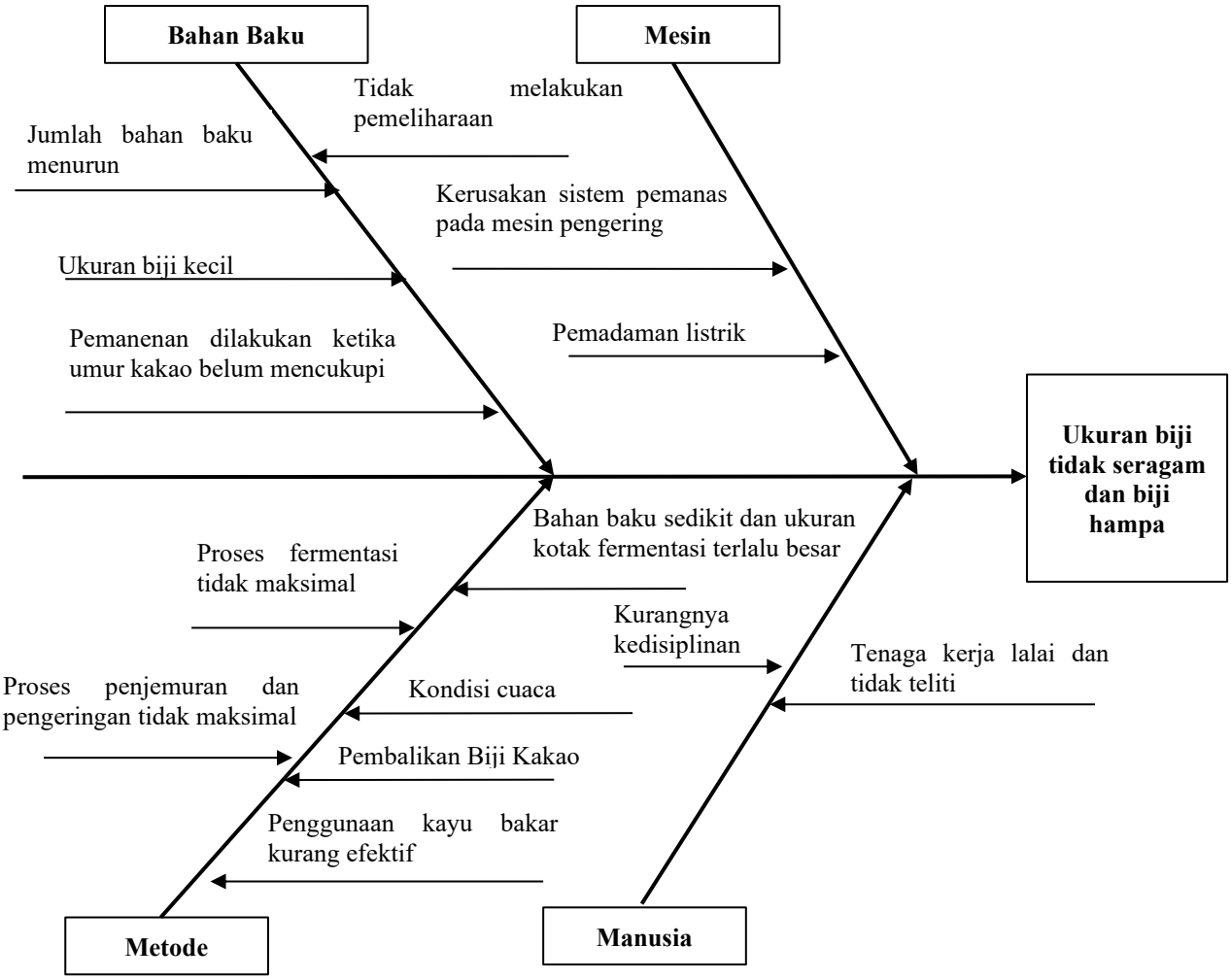
Gambar 8. Diagram pareto biji kakao *bulk*

Dari Gambar 8 menunjukkan penyebab cacat tertinggi adalah ukuran biji tidak seragam dengan presentase cacat 76% dan 24% cacat untuk biji hampa, dari diagram di atas, dapat diketahui permasalahan yang perlu diatasi untuk mengurangi tingkat cacat yang terus menerus.

Diagram Sebab Akibat

Diagram *fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan faktor-faktor potensial yang berkaitan dengan kecacatan biji kakao edel dan *bulk*. Berdasarkan hasil identifikasi dalam penelitian, faktor tersebut dikelompokkan ke dalam empat kategori, yaitu bahan baku, mesin, metode, dan manusia. Faktor pada kategori bahan baku meliputi ukuran biji yang kecil dan pemanenan sebelum umur panen mencukupi. Kategori mesin mencakup dugaan kerusakan sistem pemanas mesin pengering dan pemadaman listrik. Pada kategori metode, faktor yang diidentifikasi meliputi proses fermentasi, penjemuran dan pengeringan yang belum optimal, penggunaan kayu bakar yang kurang efektif, serta pengaturan pembalikan biji kakao. Sementara itu, kategori manusia mencakup dugaan kurangnya kedisiplinan dan ketelitian tenaga kerja. Wawancara dan observasi langsung digunakan untuk menghimpun informasi mengenai kondisi proses produksi dan mengidentifikasi kemungkinan penyebab kecacatan. Diagram *fishbone* produk cacat pada biji kakao edel dan *bulk* pada dilihat pada

Gambar 9.



Gambar 9. Diagram *fishbone* produk cacat pada biji kakao edel dan *bulk*

Tahapan *Improve*

Tahapan *Improve* bertujuan dalam rencana perbaikan dan meningkatkan kualitas. Peningkatan kualitas akan dicapai melalui penerapan metode FMEA *(Failure Mode and Effect Analysis)*. Metode ini memungkinkan klasifikasi kegagalan secara menyeluruh, menunjukkan kegagalan penting yang perlu diantisipasi oleh perusahaan agar dapat ditangani segera (Firmansyah dan Yuliarty, 2020).

Tabel 7. Nilai RPN Berdasarkan klasifikasi level risiko

Level	Nilai RPN
Sangat Rendah	$0 \leq RPN \leq 20$
Rendah	$20 < RPN \leq 80$
Sedang	$80 < RPN \leq 120$

Tinggi	120 < RPN ≤ 200
Sangat Tinggi	RPN > 200

Sumber : (Smed dan Teuku, 2023)

Klasifikasi tingkat risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) digunakan untuk mengelompokkan prioritas penanganan potensi kegagalan dalam proses pengolahan biji kakao. Nilai RPN diperoleh dari perkalian tingkat keparahan (*Severity*), kemungkinan kejadian (*Occurrence*), dan kemampuan deteksi (*Detection*). Dalam penelitian ini, nilai RPN dikelompokkan menjadi lima kategori, yaitu sangat rendah (RPN ≤ 20), rendah (20 < RPN ≤ 80), sedang (80 < RPN ≤ 120), tinggi (120 < RPN ≤ 200), dan sangat tinggi (RPN > 200). Rentang tersebut ditetapkan sebagai kriteria operasional penelitian untuk memastikan seluruh nilai RPN tercakup tanpa tumpang tindih antarkategori.

Penilaian FMEA dilakukan melalui diskusi dan penilaian terstruktur bersama informan dari perusahaan yang memahami proses produksi dan pengendalian mutu biji kakao. Skor *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) ditetapkan berdasarkan kriteria penilaian yang telah disusun, dengan mempertimbangkan dampak kegagalan terhadap mutu, frekuensi kejadian, serta kemampuan kontrol yang tersedia dalam mendeteksi kegagalan. Nilai RPN dihitung dengan mengalikan ketiga skor tersebut. Penilaian digunakan untuk menyusun urutan prioritas risiko dan merumuskan rekomendasi perbaikan, bukan sebagai bukti bahwa seluruh penyebab telah terverifikasi secara kausal. Indikator penilaian skor *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) dapat dilhat pada Tabel 8.

Tabel 8. Indikator penilaian skor

Skor	*Severity* (S)	*Occurrence* (O)	*Detection* (D)
1-2	Dampak sangat ringan terhadap mutu	Sangat jarang terjadi	Hampir pasti terdeteksi
3-4	Dampak ringan	Jarang terjadi	Kemungkinan besar terdeteksi
5-6	Dampak sedang	Kadang-kadang terjadi	Peluang deteksi sedang
7-8	Dampak serius terhadap mutu atau proses	Sering terjadi	Sulit dideteksi sebelum berdampak
9-10	Dampak sangat serius atau kritis	Sangat sering terjadi	Sangat sulit atau hampir tidak mungkin dideteksi

Tabel 9. Hasil data dari FMEA *(Failure Mode and Effect Analysis)*

Faktor	Akibat dari Kegagalan Proses	S	Penyebab dari Kegagalan	O	Kontrol yang Dilakukan	D	Perhitungan	RPN
Bahan Baku	Jumlah produksi menurun dan menyebabkan kualitas pada biji kakao ikut menurun	6	Tidak melakukan pemeliharaan sehingga pohon tidak produktif	8	Melakukan pengecekan terhadap buah kakao	6	6 × 8 × 6	288
		6	Pemanenan dilakukan ketika umur kakao belum mencukupi	8	Melakukan pemanenan sesuai dengan target	6	6 × 8 × 6	288

Metode	Proses fermentasi tidak maksimal	6	Jumlah biji kakao pada saat fermentasi kurang mencukupi dan ukuran kotak fermentasi terlalu besar	6	Pemeriksaan diawal proses fermentasi	3	6 × 6 × 3	108
	Proses penjemuran dan pengeringan tidak maksimal	3	Karena cuaca yang tidak menentu dan menyebabkan timbulnya jamur pada biji kakao	5	Pengecekan ketika akan dilakukan proses penjemuran kembali	3	3 × 5 × 3	45
		3	Proses pembalikan tidak dilakukan tepat waktu	7	Melakukan pembalikan biji kakao secara tidak teratur	5	7 × 5 × 3	105
		3	Pengeringan menggunakan metode kayu bakar	3	Melakukan pengeringan metode kayu bakar jika produksi banyak	3	3 × 3 × 3	27
Mesin	Kurang merata dalam mesin pengering untuk sistem pemanas	6	Kurang perawatan dan tidak melakukannya secara rutin	7	Pemeriksaan dilakukan jika mesin mengalami kerusakan	3	6 × 7 × 3	126
	Proses pengeringan terhenti dan dimulai kembali ketika listrik sudah menyala	5	Pemadaman listrik secara tiba-tiba tanpa pemberitahuan terlebih dahulu	5	Terdapat generator listrik namun jarang digunakan	3	5 × 5 × 3	75
Manusia	Tenaga kerja yang lalai dan tidak teliti dalam proses produksi kurang maksimal	6	Kurangnya kedisiplinan	6	Melakukan pengecekan dan mengawasi proses penerimaan bahan baku, fermentasi dan pengeringan berlangsung secara tidak teratur atau tidak sesuai SOP yang ada	4	6 × 6 × 4	144

Berdasarkan hasil perhitungan RPN pada Tabel 8 menunjukkan bahwa dari semua penyebab kegagalan dan akibat kegagalan, nilai RPN bervariasi dari yang tertinggi (288) hingga terendah (27). Menurut Nuraini dan Hermanuadi (2023) perusahaan memperhatikan nilai RPN yang tinggi untuk mencegah terjadinya cacat serta perbaikan yang harus segera dilakukan untuk mengatasi dan mencegah adanya cacat. Dari hasil analisis FMEA ditemukan 6 penyebab potensial dari jenis cacat yang memiliki nilai RPN tinggi sesuai level dengan tingkat risiko berdasarkan nilai RPN pada Tabel 8 yaitu 288 dan 288 (nilai tersebut termasuk dalam level sangat tinggi dimana nilai tersebut lebih dari 200), sedangkan hasil nilai RPN 144 dan 126 (termasuk dalam level tinggi dimana nilai tersebut masuk dalam nilai RPN 121 sampai 199), dan nilai RPN 108 dan 105 (termasuk dalam level sedang yang dimana nilai dari 81 hingga 120). Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa masalah dengan

prioritas risiko tertinggi hingga menengah. Usulan perbaikan terhadap jenis cacat pada biji kakao edel dan *bulk* yang bisa diberikan kepada PTPN I Regional 5 Kebun Kalirejo Kendenglembu dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Usulan perbaikan yang dapat diberikan kepada PTPN I Regional 5

Faktor	Permasalahan	Penyebab Permasalahan	Usulan Perbaikan
Bahan Baku	Jumlah produksi menurun dan menyebabkan kualitas pada kakao ikut menurun	Mandor kebun tidak melakukan pemeliharaan sehingga pohon tidak produktif, karena kurangnya biaya dari perusahaan yang menyebabkan kualitas biji kakao menurun	Evaluasi kepada perusahaan atau mandor kebun serta memperbaiki manajemen dalam memelihara serta merawat tanaman agar memenuhi target perusahaan.
		Karyawan kebun melakukan pemanenan ketika umur kakao belum mencukupi, karena untuk memenuhi target upah yang dihasilkan	Mandor pabrik lebih memperhatikan SOP bahan baku ke mandor kebun dan melakukan pengawasan secara berkala untuk memastikan proses pemanenan sesuai dengan SOP yang telah ditetapkan, dan perusahaan harus memperhatikan kualitas biji kakao yang dikirim petani agar biji kakao yang akan dihasilkan memenuhi standar perusahaan yaitu mutu I.AA, I.B dan I.Sa.
Manusia	Tenaga kerja yang lalai dan tidak teliti dalam proses produksi kurang maksimal	Karyawan di pabrik pengolahan kakao masih kurang disiplin dalam berkerja	Melakukan evaluasi dan sistem pengawasan kepada karyawan untuk mengurangi kelalaian dalam berkerja.
Mesin	Kurang merata dalam mesin pengering untuk sistem pemanas	Mandor teknik kurang perawatan dalam mesin dan tidak melakukannya secara rutin dalam pengecekan mesin pengering	Mandor teknik harus merencanakan pengecekan mesin secara rutin, tidak hanya pada saat mesin mengalami kerusakan *(preventive maintenance)* serta melakukan penggantian pada bagian mesin jika sudah tidak layak digunakan.
Metode	Proses fermentasi tidak maksimal	Jumlah biji kakao pada saat fermentasi kurang mencukupi dan ukuran kotak fermentasi terlalu besar serta mandor pengolahan yang kurang memperhatikan proses fermentasi	Mandor pengolahan perlu melakukan evaluasi untuk mengatasi kualitas biji kakao secara berkala meskipun jumlah biji kakao yang tersedia terbatas. pihak perusahaan perlu menambahkan sekat di dalam kotak fermentasi agar dapat menyesuaikan dengan jumlah biji kakao yang ada ketika produksi rendah.
	Proses penjemuran dan pengeringan tidak maksimal	Karyawan di pabrik tidak melakukan proses pembalikan tepat waktu selama 1 jam sekali, tetapi hampir setiap 2 atau 3 jam sekali	Pembuatan jadwal waktu pembalikan yang lebih terperinci di area kerja sehingga semua karyawan dapat melihatnya dan melakukan pengawasan dalam proses pengeringan agar pembalikan dilakukan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Dalam penelitian ini, analisis kualitas biji kakao menggunakan metode *Six Sigma*, dimana tahap pengukuran *Six Sigma* dibatasi pada dua jenis cacat yang sering terjadi, yaitu biji tidak seragam dan biji hampa, sebagai *Critical to Quality* (CTQ) karena secara langsung mempengaruhi standar kualitas ekspor. Perhitungan *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) dan penentuan level sigma hanya dilakukan terhadap dua parameter tersebut. Sedangkan pada tahap *Improve* menggunakan *Failure*

Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk mencakup yang lebih luas dengan memasukkan beberapa potensi cacat lainnya. Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, yaitu data yang dikumpulkan hanya dari satu industri dalam satu periode di tahun 2024. Sehingga tidak mewakili kondisi industri kakao nasional secara keseluruhan atau variasi kualitas tahunan. Selain itu, implementasi *Six Sigma* dalam penelitian ini terbatas, hanya sampai pada tahap *Improve,* tanpa melibatkan siklus DMAIC *Control*.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, jenis kecacatan yang termasuk dalam CTQ pada biji kakao edel dan *bulk* meliputi ukuran biji yang tidak seragam dan biji hampa. Pada tahun 2024, produksi biji kakao edel mencapai 3.597 kg dengan total kecacatan sebesar 194 kg, sedangkan produksi biji kakao *bulk* mencapai 5.461 kg dengan total kecacatan sebesar 405 kg. Cacat ukuran biji yang tidak seragam merupakan jenis cacat dominan pada kedua jenis biji kakao, dengan jumlah 154 kg pada edel dan 309 kg pada *bulk*. Sementara itu, cacat biji hampa masing-masing sebesar 40 kg pada edel dan 96 kg pada *bulk*. Berdasarkan analisis *Six Sigma*, nilai DPMO biji kakao edel sebesar 26.966,92, sedangkan biji kakao *bulk* sebesar 37.081,12. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tingkat kecacatan pada biji kakao *bulk* lebih tinggi dibandingkan edel berdasarkan perhitungan DPMO dengan asumsi dua peluang kecacatan untuk setiap unit pengamatan. Nilai DPMO ini dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kualitas dan penentuan prioritas perbaikan proses produksi.

Hasil dari analisis FMEA ditemukan 4 faktor yaitu bahan baku, mesin, metode dan manusia. Hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menghasilkan enam rekomendasi perbaikan, yaitu pemeliharaan tanaman, kontrol penjadwalan panen, evaluasi dan sistem pengawasan karyawan, pengecekan mesin secara rutin, menambahkan sekat dalam kotak fermentasi, dan penjadwalan saat pembalikan. Aspek budidaya dan pengolahan tidak dapat dipisahkan, karena, jika salah satu mengalami kendala atau masalah, hal itu akan mempengaruhi yang lainnya. Oleh karena itu, sangat penting untuk memperhatikan kedua aspek tersebut untuk mendapatkan kualitas terbaik yang diharapkan.

Saran

Dari kesimpulan yang didapatkan, maka saran yang dapat diberikan kepada PTPN I Regional 5 Kebun Kalirejo Kendenglembu, Banyuwangi yaitu diharapkan dapat mempertimbangkan dari usulan perbaikan pengendalian kualitas dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan metode *Six Sigma*, sehingga dijadikan acuan dalam melaksanakan rencana perbaikan, sehingga perusahaan dapat mencapai *zero defect*. Selain itu, perusahaan harus bisa meningkatkan berbagai aspek yang berhubungan dengan kualitas, yaitu bahan baku, mesin, metode dan sumber daya manusia serta manajemen perusahaan mencapai kualitas biji kakao yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, S., Pievatolo, A., and Göb, R. 2016. An Overview of Control Charts for High-quality Processes. *Quality and Reliability Engineering International*, *32*(7), 2171–2189. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/qre.1957

Badan Pusat Statistik. 2024. Kabupaten Banyuwangi dalam Angka 2024. Badan Pusat Statistik Kabupaten Banyuwangi.

Badi'ah, R., Anugrahad, Y. D., Odelia, E. M., dan Swasti, I. K. 2023. Pengelolaan Usaha Pengolahan Biji Kakao PT Perkebunan Nusantara XII Perkebunan Kendenglembu. *Management Studies and Entrepreneurship Journal*, *4*(4). https://doi.org/10.37385/msej.v4i4.1144

Badan Pusat Statistik. 2024. Statistik Indonesia 2024. Badan Pusat Statistik.

Coskun, A., and Ialongo, C. 2020. Six Sigma revisited: We need evidence to include a 1.5 SD shift in the extraanalytical phase of the total testing process. *Biochemia Medica*, *30*(1), 10901. https://doi.org/10.11613/BM.2020.010901

Darmawan, R., Eng, M., Mas'ud, SE, M.Si Sriwahyuningsih, S. S., Ir. Sabarella, M. S., dan Rinawati, S. 2023. *Analisis Kinerja Perdagangan Kakao 2023*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.

Dewantoro, I. M. B. M. L., Wiranatha, A. S., dan Suhendra, L. 2025. Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Calzone Menggunakan Metode Six Sigma dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. XYZ. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, *13*(4), 580–590.

Firmansyah, R., dan Yuliarty, P. 2020. *Implementasi Metode DMAIC pada Pengendalian Kualitas Sole Plate di PT Kencana Gemilang*. *XIV*(2), 167–180.

Firmanto, H., Kumalasari, Y., and Muarrofah, Z. 2021. Determination of Cocoa Powder Quality Produced by Small-Medium Enterprise Using Six Sigma Analysis. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, *37*(2), 137–145. https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v37i2.480

Kementrian Pertanian Republik Indonesia. 2024. Statistik Perkebunan Jilid I 2022-2024. Direktorat Jenderal Perkebunan Kementarian Pertanian.

Nuraini, T. V., dan Hermanuadi, D. 2023. Analisis Faktor Penyebab Kecacatan Proses Pengeringan Teh Hijau Menggunakan Metode Six Sigma dan FMEA di PT. Candi Loka. *Jurnal Teknik Pertanian Terapan | E-ISSN. Xxxx-Yyyy*, *1*(1), 1–12.

Sabahannur, Syam, N., dan Ervina, E. 2023. Mutu Fisik Dan Kimia Biji Kakao (Theobroma Cacao L.) Pada Beberapa Jenis Klon. *Agrotek: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, *7*(2), 99–107. https://doi.org/10.33096/agrotek.v7i2.347

Setiawati, K. L., Satriawan, I. K., dan Yoga, I. W. G. S. 2020. Analisis Pengendalian Kualitas menggunakan Metode Six Sigma pada Produk Roti Tawar di PT. Ital Fran's Multindo Food Industries Cabang Bali. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, *8*(4), 587. https://doi.org/10.24843/jrma.2020.v08.i04.p12

Shabrina, F. 2018. Analisis Pengendalian Kualitas Jagung Pipil Pakan Ternak Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus pada PT. Seger Agro Nusantara). Universitas Brawijaya.

Sihombing, M. I. S., dan Sumartini, S. 2017. Pengaruh Pengendalian Kualitas Bahan Baku dan Pengendalian Kualitas Proses Produksi terhadap Kuantitas Produk Cacat dan Dampaknya pada Biaya Kualitas (Cost of Quality). *Jurnal Ilmu Manajemen Dan Bisnis*, *8*(2), 42. https://doi.org/10.17509/jimb.v8i2.12665

Smed, W. A. R., dan Teuku, A. 2023. Analisis Risiko Panen Tandan Buah Segar Kelapa Sawit Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di Afdeling OA (Alpa) Pada PT. Karya Tanah Subur. *JURNAL AGRICA*, *16*(1), 53–64. https://doi.org/10.31289/agrica.v16i1.8460

Sulistyani, T., dan Safitri, R. 2024. Analisis Penggunaan Statistical Process Control (SPC) Dalam Pengendalian Kualitas. *PERMANA: Jurnal Perpajakan, Manajemen, Dan Akuntansi*, *16*(2), 379–392. https://doi.org/10.24905/permana.v16i2.387

Surya, D. 2019. *Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Dalam Upaya Mengurangi Jumlah Kerusakan Produk Pada PT. Mustika Megatama Sakti Plasindo*. Universitas Pakuan Bogor.

Zwetsloot, I. M., Jones-Farmer, L. A., and Woodall, W. H. 2024. Monitoring univariate processes

using control charts: Some practical issues and advice. *Quality Engineering*, *36*(3), 487–499. https://doi.org/10.1080/08982112.2023.2238049