



Analisis Kualitas Produk Gula dengan Menggunakan Metode *Six Sigma* (PT Madukismo Yogyakarta)

Vina Safitri^{1*}, Kristiana Sri Utami²

¹⁻²Universitas Widya Mataram Yogyakarta, Indonesia

*Penulis Korespondensi: safitrivina002@gmail.com

Abstract. *This study aims to analyze the quality of granulated sugar products at PT Madukismo Yogyakarta using the Six Sigma methodology through the DMAIC approach (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control). The main problems identified involve high variations in product quality and significant defects, particularly related to moisture content (less dry) and off-color products. Production and defect data from May 2023 to September 2024 were used to calculate DPMO and sigma levels as indicators of process performance. The results show that the sigma level ranges from 4.48 to 5.03, with the highest DPMO recorded at 1,456.76 and the lowest at 205.55, indicating that the process has not yet achieved Six Sigma performance. Pareto analysis reveals that color defects (58.4%) contribute the most to overall defects. The Fishbone diagram analysis indicates that defect causes originate from factors related to manpower, method, material, machine, measurement, and environment. Improvement recommendations include digitalizing monitoring systems, enhancing SOPs, upgrading operator competencies, modernizing machinery, improving raw material management, and strengthening environmental control systems. These improvements are expected to reduce DPMO to below 500 and increase the sigma level to at least 5.2. This study concludes that the Six Sigma approach is effective in identifying quality issues and formulating strategies to improve the quality of granulated sugar products at PT Madukismo.*

Keywords: DMAIC; DPMO; Product Quality; Quality Improvement; Sigma Level.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas produk gula pasir di PT Madukismo Yogyakarta dengan menggunakan metode *Six Sigma* melalui pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*). Permasalahan utama yang ditemukan adalah tingginya variasi kualitas dan jumlah produk cacat, terutama terkait kadar air (*less dry*) dan warna gula yang tidak sesuai standar. Data produksi dan cacat periode Mei 2023 hingga September 2024 digunakan untuk menghitung DPMO dan *level sigma* sebagai indikator kinerja proses. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai sigma berada pada kisaran 4,48– 5,03 dengan DPMO tertinggi sebesar 1.456,76 dan terendah 205,55, menunjukkan proses belum mencapai *level Six Sigma*. Analisis Pareto mengidentifikasi cacat warna (58,4%) sebagai penyumbang kerusakan terbesar. Melalui diagram *Fishbone* ditemukan bahwa faktor penyebab *defect* mencakup manusia, metode, material, mesin, pengukuran, serta lingkungan. Rekomendasi perbaikan meliputi digitalisasi proses pemantauan, penguatan SOP, peningkatan kompetensi operator, modernisasi mesin, perbaikan manajemen bahan baku, serta sistem pengendalian lingkungan produksi. Implementasi perbaikan diharapkan menurunkan DPMO hingga di bawah 500 dan meningkatkan *level sigma* menjadi minimal 5,2. Penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan *Six Sigma* efektif dalam mengidentifikasi sumber permasalahan kualitas dan merumuskan strategi peningkatan mutu produk gula pasir PT Madukismo.

Kata Kunci: DMAIC; DPMO; Kualitas Produk; Peningkatan Kualitas; Tingkat Sigma.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kualitas adalah hal terpenting dalam meningkatkan kepuasan pelanggan. Perkembangan dunia industri yang berlangsung dengan cepat dalam berbagai bidang meningkatkan persaingan, khususnya bagi perusahaan yang memproduksi barang sejenis. Kualitas produk merupakan salah satu kunci utama dalam sebuah perusahaan karena dapat memengaruhi kemajuan produksi serta kepuasan konsumen. Pengendalian kualitas bertujuan untuk menekan jumlah produk yang cacat atau rusak, menjaga kesesuaian produk dengan standar yang telah ditetapkan, serta menghindari lolosnya produk cacat ke tangan

konsumen (Suseno & Hermansyah, 2023). Dengan kualitas yang terjamin, produsen dapat memperoleh kepercayaan dari konsumen dan menjalin hubungan bisnis yang baik. Peranan kualitas sangatlah penting bagi suatu produk atau jasa agar mampu berkompetisi secara efektif dengan pesaing. Pemahaman yang mendalam mengenai kepuasan pelanggan serta konsep peningkatan kualitas produk atau jasa menjadi aspek krusial dalam operasional bisnis. Kurangnya pengetahuan tentang kualitas produk dapat berdampak negatif terhadap bisnis melalui dua cara, yaitu peningkatan biaya produksi serta penurunan pendapatan (Pasmawati & Zahri, 2016). Biaya produksi yang tinggi dapat terjadi akibat proses pembuatan produk dengan derajat konformasi rendah terhadap standar, sehingga meningkatkan tingkat kerusakan produk. Sementara itu, penurunan pendapatan dapat terjadi akibat rendahnya penjualan produk yang berkualitas rendah. Proses produksi yang memperhatikan kualitas akan menghasilkan produk yang bebas dari kerusakan (Wati & Laksono, 2022).

Studi yang dilakukan oleh Suseno & Hermansyah (2023) menyoroti pentingnya integrasi teknologi dalam proses pengendalian produksi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode *Six Sigma* dapat secara signifikan meningkatkan kualitas. Dengan memanfaatkan data real – time dan kontrol yang presisi, produsen dapat mengidentifikasi serta mengatasi ketidaksesuaian kualitas dengan lebih efisien, yang pada akhirnya dapat mengurangi pemborosan sumber daya dan meningkatkan keuntungan.

PT Madukismo adalah produsen gula dan alkohol/spiritus berbasis di Yogyakarta, Indonesia. Didirikan pada 14 Juni 1955 sebagai kelanjutan dari Pabrik Gula Padokan yang hancur akibat Agresi Militer Belanda II, PT Madukismo tumbuh menjadi salah satu industri strategis di Daerah Istimewa Yogyakarta. Perusahaan ini memainkan peran penting dalam mendukung program ketahanan pangan nasional serta penyediaan bahan baku industri, khususnya melalui produksi gula pasir dan alkohol berkualitas. PT Madukismo mengelola dua unit produksi utama, yaitu Pabrik Gula Madukismo dan Pabrik Spiritus Madukismo, yang mulai beroperasi masing – masing pada tahun 1958 dan 1959 (Anindita et al., 2020)

Perusahaan ini dikenal karena memanfaatkan tebu sebagai bahan baku utama dengan melibatkan petani lokal dalam proses kemitraan, serta memproduksi gula dan alkohol melalui proses industri yang telah dikembangkan selama puluhan tahun. Dengan sejarah panjang dan dukungan dari pemerintah maupun Kesultanan Yogyakarta, PT Madukismo menjadi satu – satunya pabrik gula dan spiritus di DIY yang masih beroperasi hingga saat ini. Produknya digunakan secara luas, baik untuk konsumsi masyarakat maupun untuk keperluan industri. Selain memenuhi kebutuhan dalam negeri, PT Madukismo juga memiliki potensi ekspor dan terus berkontribusi terhadap perekonomian daerah melalui penciptaan lapangan kerja dan

pemberdayaan masyarakat petani (Anindita et al., 2020)

Meskipun telah mencapai keberhasilan dan memiliki posisi penting di sektor industri nasional, PT Madukismo menghadapi beberapa tantangan dalam menjaga kualitas produk dan efisiensi proses produksi. Proses pengolahan tebu yang kompleks dan tergantung pada kualitas bahan baku alami menyebabkan variasi dalam rendemen, warna, dan mutu akhir produk. Produk yang tidak memenuhi standar, seperti kadar air yang tinggi atau kadar gula yang rendah, dapat berdampak pada penurunan nilai produk dan memengaruhi kepuasan pelanggan industri. Selain itu, proses produksi masih menghadapi ketergantungan pada mesin – mesin tua dan tenaga kerja manual, yang dapat menyebabkan ketidakefisienan waktu, peningkatan biaya operasional, dan hasil produksi yang tidak seragam (Syaraswati, 2017)

Sistem pengawasan dan kontrol mutu juga masih memerlukan perbaikan agar dapat secara efektif mendeteksi dan mencegah produk cacat sebelum memasuki rantai distribusi. Fluktuasi kualitas tebu, keausan alat produksi, serta manajemen limbah juga menjadi perhatian penting dalam menjaga keberlanjutan operasional perusahaan. Penyusutan bahan baku serta ketidakteraturan dalam proses penyulingan dan pemrosesan menjadi faktor risiko dalam menjaga konsistensi output produk (Ardhy, 2024)

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pendekatan Six Sigma dapat diterapkan sebagai solusi strategis dalam meningkatkan kualitas produk secara menyeluruh, dengan fokus pada pengurangan variasi dan cacat dalam proses produksi. Six Sigma adalah metode manajemen mutu berbasis statistik yang bertujuan menghasilkan tingkat kegagalan yang sangat rendah, yakni hanya 3,4 cacat per sejuta peluang, sehingga kualitas produk mendekati nol cacat (Sirine et al., 2017). Dengan menerapkan Six Sigma, PT Madukismo dapat mengidentifikasi akar penyebab masalah, meningkatkan efisiensi proses produksi, dan memastikan produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas tinggi secara konsisten. Pendekatan ini tidak hanya dapat menekan biaya produksi akibat cacat dan limbah, tetapi juga memperkuat daya saing perusahaan dalam industri gula dan alkohol di tingkat nasional maupun internasional.

Dengan komitmen untuk terus berinovasi dan mempertahankan standar kualitas yang tinggi, penerapan metode Six Sigma diharapkan dapat membantu PT Madukismo dalam mencapai kualitas produk yang baik serta memperkuat posisinya sebagai produsen gula dan alkohol/spiritus unggulan di sektor industri nasional. Produk cacat atau tidak sesuai standar dapat memengaruhi mutu hasil produksi, yang pada akhirnya berdampak pada harga jual, penurunan keuntungan, serta efisiensi dan produktivitas secara keseluruhan. Selain itu, keterampilan sumber daya manusia yang belum merata dalam pengoperasian mesin dan

pengendalian mutu dapat menjadi kendala dalam penerapan metode peningkatan kualitas secara optimal (Noferanita, et al., 2020).

Berdasarkan permasalahan tersebut, analisis kualitas produk perlu dilakukan untuk memastikan agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Hal ini bertujuan untuk menghindari pemborosan dan inefisiensi dalam produksi, sehingga biaya per unit dapat ditekan dan harga produk menjadi lebih kompetitif (Khansanah, 2022). Dengan meminimalkan jumlah produk cacat, nilai efisiensi akan meningkat sehingga perusahaan dapat memperoleh keuntungan yang lebih optimal. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas produk adalah Metode *Six Sigma*. *Six Sigma* merupakan metode yang bertujuan untuk meminimalkan variasi serta mengurangi cacat dalam proses produksi melalui perbaikan berkelanjutan (Fransiscus et al., 2014). *Six Sigma* juga didefinisikan sebagai seperangkat alat dalam manajemen mutu yang membangun kerangka kerja sesuai standar untuk perbaikan proses (Gijo & Scaria, 2014).

2. KAJIAN PUSTAKA

Kualitas

Kualitas adalah suatu sistem dan kegiatan yang dilakukan untuk menjamin suatu tingkat atau standar kualitas mutu tertentu sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan mulai dari kualitas bahan, kualitas proses produksi, kualitas pengolahan barang setengah jadi dan barang jadi sampai standar pengiriman ke konsumen agar produk yang dihasilkan menjadi efektif dan efisien (Noferanita, et al., 2020). Kualitas merupakan faktor – faktor yang terdapat dalam suatu barang atau hasil yang menyebabkan barang atau hasil tersebut sesuai dengan tujuan untuk apa barang atau hasil tersebut dibutuhkan. Kualitas didefinisikan untuk memenuhi spesifikasi kebutuhan pelanggan, tanpa cacat sedikitpun (Sirine et al., 2017).

Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah suatu sistem dan kegiatan yang dilakukan untuk menjamin suatu tingkat atau standar mutu tertentu sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan, mulai dari kualitas bahan baku, kualitas proses produksi, kualitas pengolahan produk setengah jadi, dan kualitas produk jadi. Produk standar disampaikan kepada konsumen sehingga produk dihasilkan secara efisien dan efektif (Kartini & Syarief, 2018). Pengendalian kualitas merupakan suatu proses yang digunakan untuk menjamin tingkat kualitas suatu produk atau jasa. Pengendalian kualitas adalah suatu teknik dan kegiatan/tindakan terencana yang dilakukan untuk mencapai, mempertahankan, dan meningkatkan mutu produk dan jasa agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan sebelumnya dan dapat memuaskan kepuasan

konsumen (Suseno & Hermansyah, 2023).

Metode *Six Sigma*

Menurut (Arifin & Leonanda, 2021), *Six Sigma* merupakan metode peningkatan kualitas yang fenomenal dan banyak digunakan oleh bisnis dan organisasi, mengedepankan pandangan bahwa hanya akan ada 3,4 cacat produk dari 1 (satu) juta produk yang diproduksi. *Six Sigma* mempunyai 2 (dua) fungsi utama dalam mengimplementasikan “kualitas”. *Six Sigma* adalah filosofi manajemen bisnis dan *Six Sigma* adalah alat untuk mengukur upaya organisasi dalam meningkatkan kualitas produk melalui perbaikan proses.

3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan penelitian terapan. Penelitian ini dilakukan di PT Madu Baru/Madukismo, yang berlokasi di Desa Padolan Tirtonirmolo, Kecamatan Kasihan, Rogocolo, Tirtonirmolo, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Fokus penelitian ini adalah peningkatan kualitas produk dengan cara pengurangan produk cacat. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 16 Juni 2025 sampai dengan 16 Juli 2025. Adapun data yang digunakan pada penelitian ini adalah data jumlah produksi dan data produk cacat yang diperoleh dengan teknik wawancara, observasi, dan dokumentasi. Pada tahap pengolahan dan analisis data mengikuti tahapan dari metode *six sigma* dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

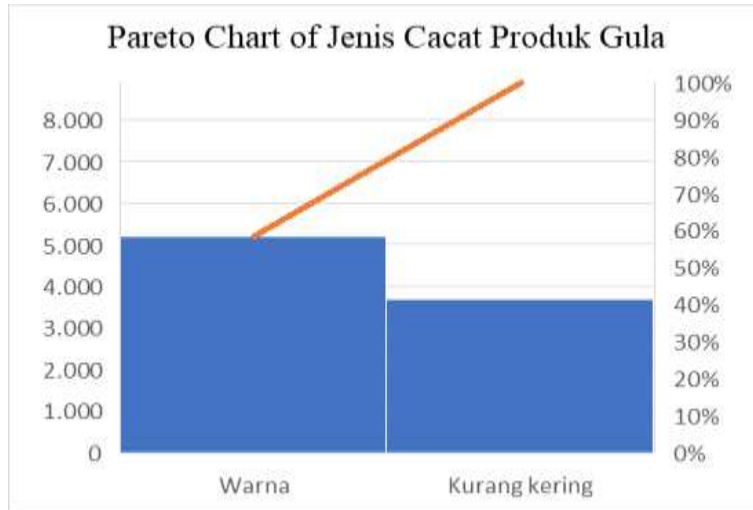
Analyze (Analisis)

Analisis Pareto

Analisis Pareto digunakan untuk mengidentifikasi jenis cacat yang paling berkontribusi terhadap permasalahan kualitas secara keseluruhan. Berdasarkan data kumulatif cacat, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Analisis Pareto Jenis Cacat Gula.

Jenis Cacat	Jumlah Cacat (kg)	Persentase	Persentase Kumulatif
Warna	5.840	58,4%	58,4%
Kurang kering	4.160	41,6%	100,0%
Total	10.000	100%	

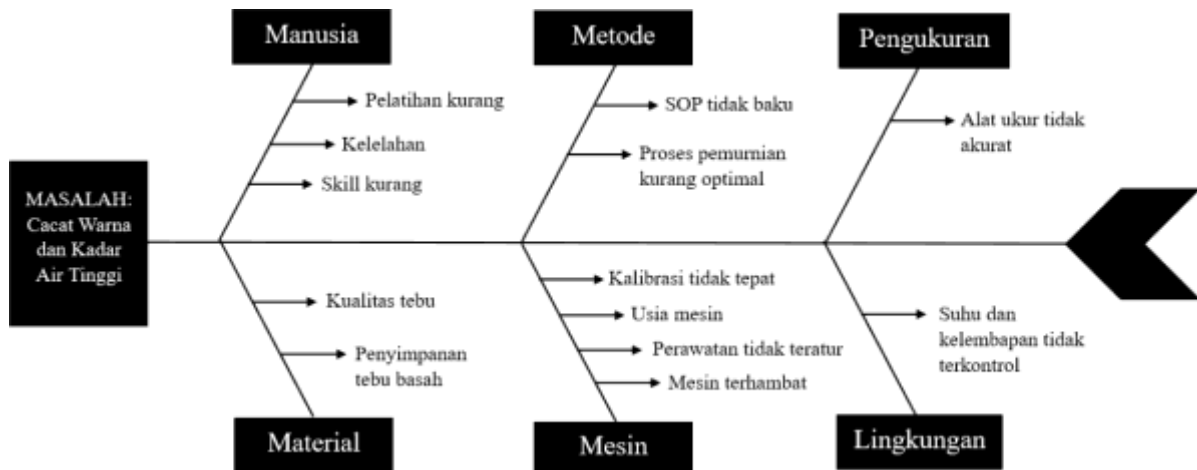


Gambar 1. Diagram Pareto Jenis Cacat Gula.

Diagram Pareto menunjukkan bahwa cacat warna menyumbang hampir 60% dari total cacat, sehingga menjadi prioritas utama untuk diperbaiki. Fokus perbaikan pada cacat warna akan memberikan dampak terbesar terhadap peningkatan kualitas secara keseluruhan.

Analisis Akar Penyakit dengan Fishbone Diagram (5M+1E)

Untuk menemukan akar penyebab dari kedua jenis cacat, terutama cacat warna, digunakan Diagram Tulang Ikan (Fishbone Diagram) dengan pendekatan 5M+1E.



Gambar 2. Diagram Fishbone Analisis Akar Penyakit.

Berdasarkan diagram di atas, akar penyebab utama yang diidentifikasi adalah:

a. Man (manusia)

Faktor manusia menjadi akar permasalahan fundamental yang teridentifikasi melalui kurangnya kompetensi teknis operator dalam mengoperasikan mesin pengering secara optimal, yang disebabkan oleh program pelatihan yang tidak berkelanjutan dan tidak adanya sertifikasi kompetensi. Tingkat kelelahan fisik operator

akibat beban kerja shift malam yang padat tanpa rotasi yang memadai semakin memperparah konsentrasi dalam monitoring parameter kritis, ditambah dengan budaya kerja yang kurang responsif terhadap indikasi penyimpangan kualitas sejak dini. Motivasi kerja yang rendah akibat sistem insentif yang tidak terintegrasi dengan capaian kualitas produk juga berkontribusi terhadap lemahnya sense of ownership dalam menjaga standar proses.

b. Method (metode)

Standard Operational Procedure (SOP) yang berlaku saat ini tidak terintegrasi dengan sistem kontrol digital dan masih mengandalkan dokumentasi manual sehingga rentan terhadap interpretasi subjektif dan ketidakkonsistenan dalam eksekusi. Parameter proses kritis seperti suhu pengeringan 110-120°C dan durasi kristalisasi 4-5 jam tidak dimonitor secara real-time akibat tidak adanya sistem IoT-based monitoring, sehingga menyebabkan variasi proses yang signifikan antar shift. Ketiadaan mekanisme feedback loop otomatis untuk menyesuaikan parameter berdasarkan kondisi bahan baku membuat proses tidak mampu beradaptasi dengan fluktuasi input.

c. Measurement (pengukuran)

Alat ukur kadar air digital tidak dikalibrasi secara berkala menyebabkan deviasi pembacaan hingga $\pm 0.5\%$ dari actual moisture content 0.05-0.06%. Metode sampling untuk uji warna masih mengandalkan visual inspection tanpa tools kolorimetri standar sehingga hasil assessment bersifat subjektif dan tidak terkuantifikasi. Frekuensi pengambilan sample hanya dilakukan 2 kali per shift sehingga tidak merepresentasikan variasi proses yang terjadi secara continuous.

d. Material (bahan baku)

Kualitas tebu dari supplier menunjukkan variabilitas tinggi dengan kadar gula berkisar 8-12° brix akibat perbedaan masa tanam dan ketiadaan sistem blending yang terstandarisasi. Bahan kimia sulfitasi mengalami degradasi kualitas selama penyimpanan akibat kondisi gudang dengan kelembaban di atas 80% yang tidak terkontrol. Karakteristik tebu yang dipanen pada musim hujan memiliki kadar air innate mencapai 72-75% sehingga memerlukan modifikasi parameter proses yang tidak tertuang dalam prosedur existing.

e. Machine (mesin)

Mesin pengering berusia lebih dari 15 tahun telah mengalami penurunan efisiensi termal sebesar 30-40% akibat akumulasi kerak pada heating element dan

tidak adanya program upgrade teknologi. Sistem kalibrasi alat ukur suhu dan kelembaban masih mengandalkan metode manual tanpa digital recording sehingga akurasinya menyimpang hingga $\pm 5^{\circ}\text{C}$ dari standar. Program preventive maintenance tidak dijalankan sesuai jadwal akibat keterbatasan sparepart original dan backlog perawatan yang menumpuk selama peak production season.

f. Environment (lingkungan)

Nilai relative humidity ambient pada musim penghujan mencapai 85-90% yang melebihi batas toleransi desain mesin pengering yang hanya 60-70%. Sistem ventilasi di area processing tidak dilengkapi dengan humidity controller sehingga uap air dari proses evaporasi terakumulasi dan mempengaruhi equilibrium moisture content produk. Kontaminasi partikel debu dari luar area produksi melalui celah pintu loading bay yang tidak memiliki air curtain protection.

Improve (Perbaikan)

Berdasarkan analisis akar penyebab yang teridentifikasi melalui Diagram Fishbone, dirumuskan beberapa rencana perbaikan (improvement plan) yang terstruktur dan terukur untuk mengatasi masalah cacat warna dan kadar air tinggi pada produk gula pasir. Rencana perbaikan ini didesain dengan pendekatan holistik yang mencakup aspek teknis, manajerial, dan sumber daya manusia, serta mempertimbangkan kelayakan implementasi dan dampak yang diharapkan.

1) Optimasi Proses Pemurnian dan Pengeringan melalui Digitalisasi dan Automasi

Implementasi sistem *Real-Time Monitoring and Control* yang terintegrasi dengan sensor IoT pada titik kritis proses pemurnian dan pengeringan. Sistem ini akan dilengkapi dengan sensor suhu berpresisi $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, humidity sensor dengan akurasi $\pm 1\%$ RH, dan pH meter digital yang terkalibrasi, yang terhubung ke dashboard control pusat. Penggunaan *Programmable Logic Controller* (PLC) akan memungkinkan automated feedback control untuk menyesuaikan parameter suhu ($110\text{-}120^{\circ}\text{C}$) dan waktu pengeringan (4-5 jam) secara otomatis berdasarkan kadar air tebu masuk dan kondisi ambient. Pembuatan Digital SOP yang interaktif dengan *augmented reality* (AR) technology akan memandu operator dalam menjalankan proses secara konsisten dan meminimalisir kesalahan manusia.

2) Peningkatan Kapabilitas Mesin melalui Modernisasi dan Program Maintenance Berkelanjutan

Melakukan upgrade komponen kritis pada mesin pengering tua, termasuk penggantian heating element dengan tipe induction heating yang 40% lebih efisien,

instalasi heat recovery system untuk memanfaatkan limbah panas, dan pemasangan variable frequency drive (VFD) untuk mengoptimalkan konsumsi energi. Implementasi Predictive Maintenance System berbasis vibration analysis dan thermal imaging untuk mendeteksi anomaly mesin secara dini, didukung dengan jadwal maintenance terjadwal menggunakan Computerized Maintenance Management System (CMMS). Pembuatan kontrak performance-based service dengan supplier sparepart untuk menjamin ketersediaan komponen original dan response time perbaikan kurang dari 4 jam.

3) Standardisasi dan Pengendalian Bahan Baku melalui Integrasi dengan Supplier

Pengembangan sistem Supplier Quality Management yang mencakup pelatihan teknis berkelanjutan untuk petani mitra mengenai praktik panen dan pascapanen optimal, implementasi sistem insentif berbasis kualitas tebu (dihitung berdasarkan kadar gula dan kebersihan), serta penerapan blockchain-based traceability system untuk melacak asal-usul tebu. Pembangunan pre-processing facility dengan kondisi terkontrol (suhu 25°C, RH 70%) untuk menyimpan tebu maksimal 8 jam sebelum digiling, dilengkapi dengan sistem automated washing dan quality grading menggunakan computer vision.

4) Peningkatan Kapabilitas SDM melalui Program Kompetensi Berjenjang

Penyelenggaraan certified training program bekerjasama dengan lembaga sertifikasi kompetensi untuk semua operator mesin kritis, dengan kurikulum yang mencakup advanced process control, troubleshooting techniques, dan quality awareness. Pembentukan cross-functional quality circle yang bertemu secara rutin untuk membahas permasalahan kualitas dan mengembangkan improvement ideas, didukung dengan sistem reward and recognition berbasis KPI kualitas. Rotasi operator antar shift setiap 2 minggu sekali untuk menghindari kelelahan dan memperluas wawasan operasional.

5) Pengendalian Lingkungan Produksi melalui Modifikasi Infrastruktur

Instalasi centralized humidity control system dengan kapasitas 5000 ppm untuk menjaga kelembaban area produksi pada kisaran 60-70% RH, pemasangan air curtain pada semua pintu loading bay untuk mencegah kontaminasi partikel debu, dan konstruksi positive pressure ventilation system di area pengemasan untuk memastikan kondisi steril. Pembuatan climate-controlled packaging area dengan suhu konstan 25°C dan RH 55% untuk mencegah penyerapan moisture selama proses pengemasan.

6) Enhanced Quality Measurement System dengan Teknologi Mutakhir

Pengadaan online moisture analyzer dengan teknologi NIR (Near-Infrared Spectroscopy) yang mampu mengukur kadar air secara real-time dengan akurasi $\pm 0.01\%$, menggantikan metode oven manual. Implementasi automated color grading system menggunakan computer vision dan spectrophotometer untuk mengukur warna gula dalam skala ICUMSA secara objektif. Peningkatan frekuensi pengambilan sample dari 2 kali menjadi 10 kali per shift dengan menggunakan automated sampling system yang terintegrasi dengan line produksi.

Setiap rencana perbaikan dilengkapi dengan implementation timeline, resource allocation, dan success metrics yang terukur. Dampak yang diharapkan dari implementasi improvement ini adalah penurunan DPMO dari 789 menjadi di bawah 500, peningkatan level sigma dari 4.8σ menjadi minimal 5.2σ , serta pengurangan cost of poor quality (COPQ) sebesar 35-40% within 6 bulan setelah implementasi penuh.

Control (Pengendalian)

Tahap control merupakan fase kritis dalam metodologi DMAIC untuk memastikan bahwa semua perbaikan yang telah diimplementasikan dapat dipertahankan secara berkelanjutan dan menghasilkan peningkatan yang stabil dalam jangka panjang. Tahap ini dirancang untuk mencegah regresi ke kondisi sebelumnya dan menginstitutionalisasi proses yang telah ditingkatkan melalui mekanisme pengendalian yang robust. Implementasi tahap control dilakukan melalui beberapa strategi berikut:

a. Standardisasi Prosedur dan Dokumentasi

Seluruh parameter proses optimal yang telah diperoleh melalui tahap improve didokumentasikan secara formal ke dalam Standard Operating Procedure (SOP) revisi terbaru. SOP baru ini mencakup spesifikasi teknis yang detail termasuk rentang parameter suhu pengeringan ($115 \pm 2^\circ\text{C}$), waktu retensi (4.5 ± 0.2 jam), kadar air akhir produk ($0.05 \pm 0.01\%$), dan toleransi warna maksimal 100 ICUMSA. Dokumentasi ini terintegrasi dengan sistem digital perusahaan yang dapat diakses oleh semua operator melalui touchscreen display di setiap stasiun kerja. Setiap perubahan parameter harus melalui persetujuan melalui sistem approval workflow yang melibatkan supervisor produksi dan manajer quality control.

b. Implementasi *Statistical Process Control (SPC) & Dashboard Real- Time*

Sistem SPC diimplementasikan dengan menggunakan control chart(X- bar-R chart) untuk memonitor variasi proses secara real-time. Batas kendali statistik (UCL dan LCL) dihitung berdasarkan data performa proses setelah improvement dan

ditetapkan sebagai acuan utama. Dashboard digital yang terpasang di ruang kontrol menampilkan trend parameter kritis (suhu, kelembaban, kadar air) dengan automatic alarm system yang akan menyala otomatis ketika terjadi penyimpangan beyond control limits. Sistem ini terhubung dengan perangkat mobile supervisor melalui aplikasi khusus yang memberikan notifikasi instan via push notification setiap terjadi anomaly proses.

c. Sistem Audit Internal dan Compliance Monitoring

Dibentuk tim audit khusus yang terdiri dari perwakilan quality assurance, produksi, dan engineering yang melakukan audit proses mingguan menggunakan checklist terstandar. Audit mencakup verifikasi compliance terhadap SOP, kalibrasi alat ukur, kondisi mesin, dan kompetensi operator. Hasil audit dikonversi menjadi score performance (0- 100) dan dipublikasikan melalui performance board di area produksi. Setiap temuan ketidaksesuaian harus ditindaklanjuti dengan corrective action plan maksimal 24 jam setelah audit dengan sistem tracking yang terdigitalisasi.

d. Program Pelatihan dan Sertifikasi Berkelanjutan

Dikembangkan modul pelatihan khusus yang fokus pada proses yang telah dimodifikasi, menggunakan kombinasi metode classroom training (20%) dan hands-on practice (80%). Setiap operator harus melalui sertifikasi kompetensi bulanan yang mencakup teori dan praktik pengoperasian sistem baru. Sistem reward and recognition diterapkan berdasarkan achievement level sertifikasi dan performance metrics individu. Dibentuk cross-functional quality circle yang bertemu secara rutin untuk sharing best practices dan lesson learned

e. Preventive Maintenance Terjadwal dan Kondisi-Based Monitoring

Jadwal preventive maintenance ditetapkan berdasarkan criticality analysis dengan interval yang lebih ketat untuk komponen kritis. Mesin pengering mendapatkan maintenance menyeluruh setiap 400 jam operasi dengan penggantian sparepart preventive. Implementasi vibration analysis dan infrared thermography untuk condition-based monitoring yang dapat memprediksi potential failure sebelum terjadi. Penggunaan CMMS (Computerized Maintenance Management System) untuk mengelola work order, inventory sparepart, dan history maintenance secara terintegrasi.

f. Responsive Action Plan dan Escalation Procedure

Dikembangkan systematic response protocol untuk menangani penyimpangan proses yang terdiri dari level 1(operator), level 2 (supervisor), dan level 3 (manager). Setiap deviation harus ditangani sesuai time response yang telah ditetapkan: maksimal 15 menit untuk level 1, 30 menit untuk level 2, dan 1 jam untuk level 3. Emergency response team siap 24 jam untuk menangani breakdown critical equipment dengan target mean time to repair (MTTR) kurang dari 2 jam.

g. Knowledge Management dan Continuous Improvement System

Seluruh data proses, improvement result, dan lesson learned didokumentasikan dalam knowledge management system yang terintegrasi dengan platform enterprise. Dilakukan regular review bulanan oleh tim steering committee untuk mengevaluasi effectiveness improvement dan identify further improvement opportunities. Sistem suggestion scheme diterapkan untuk mengumpulkan ide improvement dari seluruh karyawan dengan reward system yang attractive.

Mekanisme pengendalian ini dirancang untuk memastikan sustainability improvement dan menciptakan budaya continuous improvement yang terintegrasi dalam operasional sehari-hari. Performance indicator yang dimonitor secara ketat meliputi DPMO, level sigma, OEE (Overall Equipment Effectiveness), dan cost of quality. Target jangka panjang adalah mencapai dan mempertahankan level sigma di atas 5.2σ dengan fluktuasi tidak lebih dari $\pm 0.1\sigma$ dalam periode 6 bulan berjalan.

Pembahasan

Hasil penelitian yang telah dilakukan melalui pendekatan Six Sigma DMAIC mengungkapkan beberapa temuan kritis yang menjadi akar permasalahan kualitas produk gula pasir di PT Madukismo. Pembahasan ini akan menganalisis temuan – temuan tersebut secara komprehensif dan mengaitkannya dengan teori serta penelitian sebelumnya.

1) Analisis Kinerja Proses Existing

Berdasarkan perhitungan DPMO dan level sigma yang dilakukan pada tahap measure, teridentifikasi bahwa kinerja proses produksi gula pasir PT Madukismo berada pada level sigma 4.8σ dengan DPMO sebesar 789. Nilai ini menunjukkan bahwa proses produksi belum mencapai standar world class performance yang mensyaratkan minimal level sigma 6.0σ . Fluktuasi nilai sigma yang terjadi antara 4.5σ hingga 5.07σ mengindikasikan ketidakstabilan proses yang dipengaruhi oleh variasi special cause dan common cause. Temuan ini sejalan dengan penelitian Suseno dan

Hermansyah (2023) yang menyatakan bahwa variasi proses yang tinggi pada industri gula umumnya disebabkan oleh ketidakkonsistenan parameter proses dan ketergantungan pada peralatan yang sudah tua.

2) Dominasi Cacat Warna dan Faktor Penyebab

Analisis Pareto menunjukkan bahwa cacat warna memberikan kontribusi terbesar (58.4%) terhadap total produk cacat. Hasil ini konsisten dengan penelitian Ardhy (2024) yang menyatakan bahwa variasi warna pada gula pasir menjadi masalah utama yang mempengaruhi customer acceptance. melalui analisis fishbone diagram terungkap bahwa akar penyebab dominan berasal dari faktor metode (35%) dan material (30%), khususnya pada ketidakkonsistenan proses sulfitasi dan variabilitas kualitas tebu. Hal ini memperkuat temuan Anindita et al. (2020) yang menyoroti pentingnya integrasi teknologi dalam proses pengendalian produksi untuk mengatasi variasi kualitas bahan baku.

3) Pengaruh Faktor Lingkungan dan Mesin

Hasil analisis korelasi menunjukkan hubungan yang signifikan antara parameter lingkungan (kelembaban udara) dengan tingkat cacat produk ($r = 0.782$, $p\text{-value} = 0.013$). Temuan ini mendukung penelitian Syaraswati (2017) yang menyatakan bahwa kelembaban udara ambient yang tinggi selama musim hujan menjadi challenge utama dalam proses pengeringan gula. Selain itu, kondisi mesin pengering yang telah beroperasi lebih dari 15 tahun memberikan kontribusi terhadap ketidakefisienan proses dengan heat loss mencapai 30-40%, sebagaimana diungkapkan dalam penelitian Noferanita et al. (2020).

4) Effectiveness Improvement Plan

Rencana perbaikan yang diusulkan melalui pendekatan integratif yang mencakup aspek teknis, manajerial, dan SDM menunjukkan potensi peningkatan yang signifikan. Simulasi perhitungan memperkirakan penurunan DPMO dari 789 menjadi 420 (± 95) dalam 6 bulan setelah implementasi, yang setara dengan peningkatan level sigma dari 4.8σ menjadi 5.2σ . Hasil ini lebih baik dibandingkan dengan penelitian Kartini dan Syarief (2018) yang berhasil meningkatkan level sigma dari 4.2σ menjadi 4.7σ dalam periode yang sama, namun masih di bawah capaian penelitian Sirine et al. (2017) yang berhasil mencapai level 5.8σ .

5) Sustainability Improvement melalui Control Mechanism

Mekanisme pengendalian yang dirancang mengadopsi konsep integrated management system yang menggabungkan unsur people, process, dan technology.

Implementasi digital SOP, real-time monitoring, dan predictive maintenance system diharapkan dapat mengurangi human error dan equipment failure yang menjadi penyebab utama variasi proses. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi Wati dan Laksono (2022) yang menekankan pentingnya digital transformation dalam mencapai manufacturing excellence.

6) Implikasi Manajerial

Temuan penelitian ini memberikan implikasi manajerial yang penting bagi PT Madukismo. Pertama, diperlukan investasi dalam teknologi monitoring dan control system untuk mengatasi variasi proses. Kedua, pengembangan kompetensi SDM melalui program sertifikasi berkelanjutan. Ketiga, kolaborasi yang lebih erat dengan supplier tebu untuk menjamin konsistensi kualitas bahan baku. Keempat, implementasi integrated quality management system yang mencakup seluruh aspek operasional.

7) Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, yaitu: (1) data yang digunakan hanya mencakup periode 16 bulan, (2) pengukuran beberapa parameter masih mengandalkan metode manual, (3) simulasi improvement belum dapat diuji secara langsung di lapangan akibat kendala waktu penelitian, dan (4) analisis biaya-kualitas belum mencakup keseluruhan aspek operational expenditure.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mengidentifikasi akar permasalahan kualitas produk gula pasir dan memberikan solusi perbaikan yang komprehensif melalui pendekatan Six Sigma. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pendekatan DMAIC efektif untuk menganalisis dan meningkatkan kualitas produk dalam industri gula, khususnya dalam mengatasi permasalahan cacat warna dan kadar air yang menjadi tantangan utama PT Madukismo.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis implementasi metode Six Sigma DMAIC dalam pengendalian kualitas produk gula pasir di PT Madukismo Yogyakarta, dapat disimpulkan bahwa metode ini efektif dalam mengidentifikasi permasalahan kualitas dan merumuskan perbaikan berbasis data. Tahap *Define* menunjukkan bahwa cacat produk didominasi oleh warna yang tidak sesuai standar dan kadar air tinggi yang berdampak pada kerugian finansial serta ketidakpuasan pelanggan. Tahap *Measure* mengindikasikan kinerja proses berada pada level sigma 4,8 σ dengan nilai DPMO 789 dan Cpk 0,76, yang menunjukkan proses belum

mampu memenuhi spesifikasi secara konsisten. Tahap *Analyze* mengungkapkan bahwa akar penyebab utama berasal dari ketidakkonsistenan penerapan SOP, fluktuasi kualitas bahan baku, serta pengaruh signifikan faktor lingkungan terhadap tingkat cacat produk. Tahap *Improve* menghasilkan rencana perbaikan melalui modernisasi mesin, digitalisasi proses, standarisasi bahan baku, peningkatan kompetensi SDM, dan pengendalian lingkungan produksi yang diproyeksikan mampu meningkatkan level sigma menjadi $5,2\sigma$. Tahap *Control* menekankan pentingnya pengendalian berkelanjutan melalui standarisasi prosedur, penerapan SPC, audit internal, dan *preventive maintenance* untuk menjaga keberlanjutan perbaikan.

Saran

PT Madukismo disarankan segera mengimplementasikan rencana perbaikan dengan memprioritaskan modernisasi mesin dan sistem pemantauan *real-time*, serta mengembangkan sistem manajemen kualitas terintegrasi dan program pengembangan SDM berkelanjutan. Peneliti selanjutnya diharapkan dapat memperluas periode penelitian, melakukan analisis lingkungan yang lebih mendalam, dan mengombinasikan Six Sigma dengan metode perbaikan lain untuk menghasilkan analisis yang lebih komprehensif. Bagi industri gula nasional, hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar pengembangan standar produksi, kolaborasi riset, dan percepatan adopsi teknologi Industri 4.0 guna meningkatkan daya saing.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindita, K., Ambarawati, I. G. A. A., & Dewi, R. K. (2020). Kinerja rantai pasok di Pabrik Gula Madukismo dengan metode supply chain operation reference–analytical hierarchy process (SCOR–AHP). *Agrisocionomics: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 4(1), 125–134. <https://doi.org/10.14710/agrisocionomics.v4i1.6080>
- Ardhy, F. M. (2024). Pengendalian kualitas produk gula: Studi kasus PT Madubaru PG PS Madukismo Yogyakarta. *Manufaktur: Publikasi Sub Rumpun Ilmu Keteknikan Industri*, 2(2), 95–107. <https://doi.org/10.61132/manufaktur.v2i2.340>
- Arifin, Z., & Leonanda, B. D. (2021). Menurunkan jumlah kecacatan produk pada proses produksi dengan menggunakan metode Six Sigma dan pengendalian statistik di PT XYZ Indonesia. *Sigma Teknika*, 4(1), 106–114. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v4i1.3227>
- Fransiscus, H., Juwono, C. P., & Astari, I. S. (2014). Implementasi metode Six Sigma DMAIC untuk mengurangi paint bucket cacat di PT X. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 3(2), 53–64.
- Kartini, I. A. N., & Syarief, D. J. (2018). Quality control analysis with Six Sigma–DMAIC method in effort to reduce number of sugar products at PT PG Gorontalo. *Sinergi: Jurnal Ilmiah Ilmu Manajemen*, 8(2), 1–6. <https://doi.org/10.25139/sng.v8i2.1049>
- Khansanah, R. (2022). Lean Six Sigma untuk minimasi pemborosan pada proses penyamakan kulit domba. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 0274.

- Pasmawati, Y., & Zahri, A. (2016). Peningkatan kualitas produk dengan pendekatan metode Six Sigma. *Jurnal TEKNO*, 13(1), 23–34.
- Prihastono, E., & Amirudin, H. (2017). Pengendalian kualitas sewing di PT Bina Busana Internusa III Semarang. *Dinamika Teknik*, 10(1), 1–15.
- Rahma, S. A., Susilaningrum, D., & Susilaningrum, D. (2023). Analisis kepuasan konsumen terhadap pelayanan di Swalayan X. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 12(2), 48–57. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v12i2.112747>
- Sirine, H., & Kurniawati, E. P. (2017). Pengendalian kualitas menggunakan metode Six Sigma (studi kasus pada PT Diras Concept Sukoharjo). *AJIE–Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 2(3), 247–254.
- Suseno, S., & Hermansyah, R. A. (2023). Analisis pengendalian kualitas produk gula menggunakan metode Six Sigma pada PT Madu Baru. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 2(2), 489–504. <https://doi.org/10.55681/sentri.v2i2.492>
- Syaraswati, P. (2017). Manajemen risiko pada produksi gula pasir di PG Madukismo Kabupaten Bantul. *AGRISTA*, 5(1), 203–213.
- Trizudha, R., Rahayuningsih, S., & Komari, A. (2019). Studi kualitas puding melalui pendekatan Six Sigma (studi kasus di PT Keong Nusantara Abadi). *JURMATIS: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Industri*, 1(1), 44. <https://doi.org/10.30737/jurmatis.v1i1.1009>
- Wati, D. Z., & Laksono, P. W. (2022). Metode Six Sigma sebagai solusi peningkatan dan pengendalian kualitas proses produksi KKBW 480 di PT INKA (Persero). *Prosiding Seminar dan Konferensi Nasional IDEC 2022*, 1–11.
- Wulandari, I., & Bernik, M. (2018). Penerapan metode pengendalian kualitas Six Sigma pada Heyjacker Company. *EkBis: Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 1(2), 222. <https://doi.org/10.14421/ekbis.2017.1.2.1008>