



Analisis Six Sigma untuk Mengurangi Cacat Produk dan Peningkatan Kualitas di Pabrik Gula XYZ

Bagas Tri Mardiansyah¹✉, Aan Zainal Muttaqin¹, Doni Susanto¹

⁽¹⁾Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Madiun

DOI: 10.31004/jutin.v8i3.47838

✉ Corresponding author:

[decudecu16@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Six Sigma;

DMAIC;

FMEA;

Kualitas produk;

Produk cacat

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan metode Six Sigma dengan pendekatan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) dalam mengurangi cacat produk dan meningkatkan kualitas produksi di PG. XYZ. Permasalahan utama dalam produksi gula adalah tingginya tingkat cacat berupa butir gula tidak seragam dan warna gula tidak seragam, yang berdampak pada penurunan efisiensi dan kepuasan pelanggan. Data cacat dianalisis menggunakan diagram kendali (P-Chart), perhitungan nilai DPMO, dan tingkat sigma untuk mengevaluasi stabilitas proses. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses produksi belum stabil secara statistik, dengan tingkat cacat rata-rata sebesar 3,65% dan nilai sigma berada pada level 2,5. Penyebab utama cacat diidentifikasi melalui analisis Fishbone Diagram dan diperoleh dari faktor manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Solusi yang diusulkan meliputi pembuatan SOP, pelatihan operator, kalibrasi mesin, serta sistem pengawasan dan audit rutin. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi industri pengolahan tebu lainnya dalam mengimplementasikan metode Six Sigma guna meningkatkan kualitas dan daya saing produk.

Abstract

Keywords:

Six Sigma;

DMAIC;

FMEA;

Product quality;

Defective products

This study aims to analyze the application of the Six Sigma method with the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) approach in reducing product defects and improving production quality at PG. XYZ. The main problem in sugar production is the high level of defects in the form of non-uniform sugar grains and non-uniform sugar color, which has an impact on decreasing efficiency and customer satisfaction. Defect data was analyzed using a control chart (P-Chart), DPMO value calculation, and sigma level to evaluate process stability. The results showed that the production process was not statistically stable, with an average defect rate of 3.65% and a sigma value at level 2.5. The main causes of defects were identified through Fishbone Diagram analysis and obtained from human, machine, method, material, and environmental factors. The proposed solutions include the creation of SOPs, operator training, machine calibration, and routine monitoring

and audit systems. This study is expected to be a reference for other sugarcane processing industries in implementing the Six Sigma method to improve product quality and competitiveness.

1. PENDAHULUAN

Salah satu tantangan utama dalam manufaktur modern adalah meningkatkan kualitas dan mengurangi cacat produk. Untuk bersaing di pasar yang semakin kompleks, perusahaan harus terus meningkatkan produktivitas, menekan biaya produksi, dan menjaga kualitas. Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk mencegah barang tidak memenuhi standar yang ditetapkan selama fase perencanaan kualitas. Intinya, tujuan dari setiap langkah dalam proses pengendalian kualitas ini adalah untuk menurunkan jumlah barang cacat yang diproduksi. Bisnis dapat mencegah dan meminimalkan kesalahan dengan menerapkan langkah-langkah pengendalian kualitas untuk produksi dan produk mereka. (Mahardhika & Al-Faritsy 2023)

Sasaran utama Six Sigma, pendekatan yang metodis dan terstruktur untuk memecahkan masalah, adalah meningkatkan kualitas guna menciptakan barang tanpa cacat yang memenuhi permintaan konsumen. Proses DMAIC standar (define, measure, analyze, improve, and control) digunakan dalam alur proses Six Sigma. Sasaran utamanya adalah meningkatkan kualitas melalui perbaikan berkelanjutan. Identifikasi masalah yang tepat berfungsi sebagai standar untuk pengembangan berkelanjutan, yang memungkinkan penyelesaian masalah dan kualitas yang tepat yang memenuhi permintaan klien. (Basjir et.al., 2023).

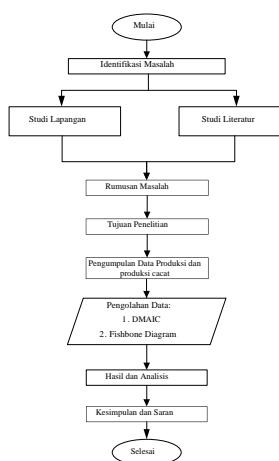
Keterlibatan karyawan dalam proses peningkatan kualitas dan kurangnya pengetahuan tentang metodologi merupakan hambatan utama penerapan Six Sigma di Pabrik Gula XYZ. Hal ini menunjukkan bahwa faktor manusia, seperti kegagalan mengikuti proses kerja, sering kali menjadi sumber utama masalah produk. Upaya pengendalian kualitas harus dilakukan melalui penelitian untuk mengidentifikasi tindakan pencegahan yang tepat dengan memanfaatkan prosedur pengendalian kualitas yang tepat untuk produk cacat tersebut guna menurunkan tingkat produk cacat (Noviyarsi et. al. 2023). Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan pemeriksaan menyeluruh terhadap elemen yang berkontribusi terhadap kesalahan dan mengembangkan rencana perbaikan yang sesuai dengan memanfaatkan metodologi Six Sigma. Dengan berkonsentrasi pada analisis fakta aktual dan menentukan penyebab mendasar dari cacat. Six Sigma dan Kaizen adalah dua metode perbaikan yang efektif dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi bisnis. Six Sigma berfokus pada pengurangan cacat berbasis data dengan hasil yang lebih presisi, tetapi mahal dan kompleks. Sementara itu, Kaizen menekankan perbaikan berkelanjutan dengan pendekatan yang fleksibel dan biaya rendah, meskipun hasilnya lebih lambat. Kedua metode ini dapat saling melengkapi, tergantung pada kebutuhan dan budaya perusahaan.

Dengan berfokus pada penerapan metodologi Six Sigma secara spesifik di Pabrik Gula XYZ, penelitian ini akan melengkapi penelitian sebelumnya. Untuk menentukan penyebab mendasar dari kesalahan dan memberikan solusi yang dapat diterapkan, penelitian ini akan memeriksa data produksi menggunakan metodologi DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Diharapkan bahwa temuan penelitian ini akan memberikan kontribusi substansial bagi kemajuan ilmu manajemen mutu dan menawarkan keuntungan yang berguna bagi bisnis dalam hal meningkatkan kepuasan pelanggan dan daya saing. (Rinjani et.al., 2021).

Tujuan utama yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi seberapa baik penerapan Six Sigma di Pabrik Gula XYZ dalam menurunkan cacat produk dan meningkatkan kualitas industri melalui penggunaan pendekatan yang menurunkan jumlah kesalahan dalam proses produksi produk (Intent, 2024). Sementara temuan studi ini dapat membantu bisnis meningkatkan efisiensi proses produksi dan mengurangi kerugian akibat cacat produk, studi ini secara teoritis akan berkontribusi pada pengetahuan tentang penerapan Six Sigma dalam konteks lokal Indonesia. Hasilnya, studi ini dapat menjadi panduan bagi bisnis lain yang ingin mengadopsi teknik pengendalian kualitas yang sebanding selain menguntungkan bagi Pabrik Gula XYZ.

2. METODE

Teknik Pengumpulan Data

**Gambar 1. Flowchart Penelitian Di PG.XYZ**

Metode Pengolahan Data

Penelitian ini berfokus pada penerapan metodologi *Six Sigma* secara spesifik di Pabrik Gula XYZ, penelitian ini akan melengkapi penelitian sebelumnya. Untuk menentukan penyebab mendasar dari kesalahan dan memberikan solusi yang dapat diterapkan, penelitian ini akan memeriksa data produksi menggunakan metodologi DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Diharapkan bahwa temuan penelitian ini akan memberikan kontribusi substansial bagi kemajuan ilmu manajemen mutu dan menawarkan keuntungan yang berguna bagi bisnis dalam hal meningkatkan kepuasan pelanggan dan daya saing. (Rinjani et.al., 2021).

Failure Mode and Effect Analysis dan Six Sigma

adalah dua metode yang digunakan dalam manajemen mutu untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi cacat atau potensi kegagalan dalam suatu proses atau produk. *Six Sigma* berfokus pada perbaikan proses menggunakan pendekatan statistik dan metodologi seperti DMAIC, untuk mengurangi variasi dan meningkatkan kualitas. Sementara itu, FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) digunakan untuk mengidentifikasi risiko kegagalan potensial dalam suatu proses, produk, atau sistem dan menentukan prioritas perbaikannya berdasarkan tingkat keparahan, kemungkinan terjadi, dan deteksi.

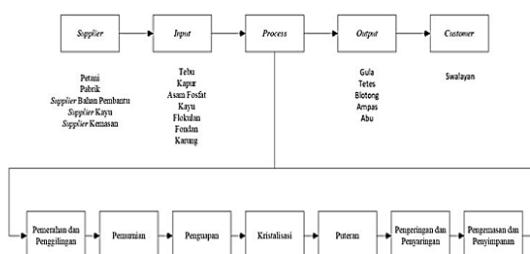
Jenis data yang dikumpulkan meliputi Primer dan Sekunder, dengan menggunakan metode pengumpulan data berupa Wawancara, Observasi, dan Studi Pustaka. Kemudian teknik pembahasan dalam penelitian ini bersifat deskriptif, yaitu mengembangkan representasi yang jelas, faktual, dan tepat tentang subjek yang diteliti.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Six Sigma (DMAIC)

3.1 Tahap Define

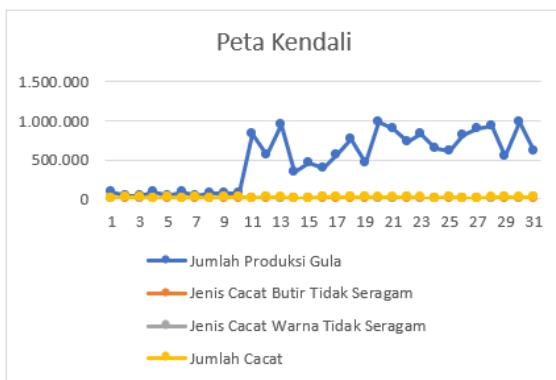
Pada tahap define dilakukan identifikasi alur proses produksi gula menggunakan diagram SIPOC. Pada diagram SIPOC diidentifikasi terkait beberapa hal seperti supplier, input, process, output dan customer di PG. XYZ. Diagram alur produksi di PG. XYZ dapat dilihat sebagai berikut:

**Gambar 1. Diagram SIPOC PG. XYZ**

PG. XYZ memproduksi gula dengan bahan baku utama dari tebu milik sendiri dan petani, serta bahan pembantu seperti kapur, asam fosfat, flokulasi, fondant, soda api, kayu, dan karung dari berbagai pemasok. Proses produksi mencakup penggilingan tebu, pemurnian, pengujian, kristalisasi, sentrifugasi, pengeringan, penyaringan, hingga pengemasan. Pada Oktober 2024, dari total produksi 15.445.900 ton gula selama 31 hari, tercatat produk cacat sebesar 518.050 ton (3,65%), dengan jenis cacat utama yaitu butir tidak seragam (164.000 ton) dan warna tidak seragam (354.050 ton). Cacat banyak ditemukan pada volume produksi kecil, terutama hari ke-2 dan ke-7 (di atas 49%), dan disebabkan oleh ukuran butir yang tidak sesuai standar (0,8–1,2 mm) serta warna yang melebihi batas 300 IU, yang terjadi di stasiun masakan, putaran, dan penyelesaian.

Tahap Measure

1. Analisis Diagram Kontrol (P-Chart)



Gambar 3.2 Peta Kendali

Berdasarkan data kecacatan produk gula pada tahun 2024 dalam 1 bulan mencapai angka 15.445,900 ton dan 518.050 ton mengalami kecacatan, setelah dilakukan analisis dengan peta kendali (P-Chart) di atas menunjukkan proporsi cacat dalam produksi gula selama 31 observasi. Garis hitam menggambarkan proporsi cacat aktual pada setiap periode, sementara garis biru mewakili rata-rata proporsi cacat (CL), dan garis merah serta hijau menunjukkan batas atas (UCL) dan batas bawah kendali (LCL). Dari grafik terlihat bahwa sebagian besar titik proporsi cacat berada di luar batas kendali atas (UCL), yang menandakan bahwa proses produksi tidak stabil secara statistik dan terdapat variasi khusus (special cause variation) yang perlu diinvestigasi lebih lanjut.

2. Tahap pengukuran tingkat Six Sigma dan Defect Per Million Opportunities (DPMO).

Hasil pengukuran tingkat Six Sigma dan Defect Per Million Opportunities (DPMO) dapat dilihat pada table sebagai berikut.

Tabel 3.1 Pengukuran tingkat Six Sigma dan Defect Per Million Opportunities

Jumlah Produksi Gula	Total jenis cacat A	Total jenis cacat B	Jumlah Cacat	Rata-Rata DPU	Rata-Rata DPMO	Rata-Rata Nilai Sigma
15.445,900	164,000	354,050	518,050	0.055466	55466.43	2.4

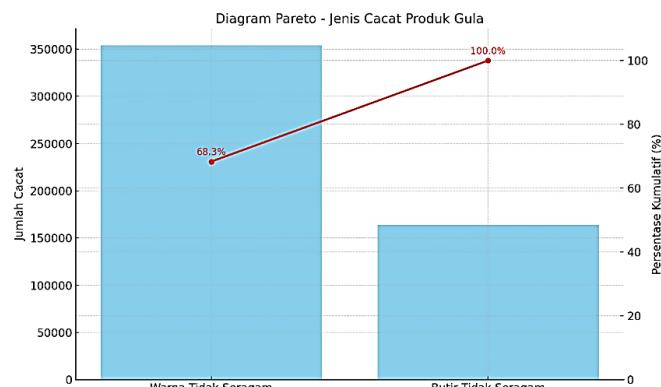
Berdasarkan hasil pengukuran DPU (Defects Per Unit) dan DPMO (Defects Per Million Opportunities) dari data produksi gula selama 31 hari observasi, terlihat bahwa nilai rata rata DPU berkisar antara 0.055466 hingga 0.25811. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar unit produksi mengalami cacat dalam jumlah yang relatif kecil, meskipun terdapat beberapa titik dengan jumlah cacat yang jauh lebih tinggi, seperti pada observasi ke-2 dan ke-7. Nilai DPMO dengan rata-rata 55466.43 dengan rentang nilai mulai dari DPMO 258.108, yang berarti bahwa dalam satu juta kesempatan, jumlah rata-rata cacat bervariasi sangat besar antar observasi. Semakin rendah nilai DPMO, semakin baik kinerja proses, karena berarti lebih sedikit cacat terjadi dalam skala besar.

Nilai tingkat sigma yang ditunjukkan pada tabel berkisar antara 2.2 hingga 2.5, yang menandakan bahwa proses produksi gula ini masih berada jauh di bawah standar kualitas tinggi seperti level 6 Sigma (3.4 DPMO). Tingkat sigma sekitar 2.3–2.5 mengindikasikan bahwa proses masih menghasilkan cacat dalam jumlah signifikan,

dan peluang perbaikan proses masih sangat besar. Untuk mencapai performa proses yang lebih tinggi dan lebih stabil, perusahaan perlu mengevaluasi akar penyebab dari cacat utama seperti "butir tidak seragam" dan "warna tidak seragam", serta menerapkan perbaikan berkelanjutan pada sistem produksi. Implementasi pengendalian kualitas yang lebih ketat dan pelatihan operator bisa menjadi langkah awal dalam upaya peningkatan menuju level sigma yang lebih tinggi.

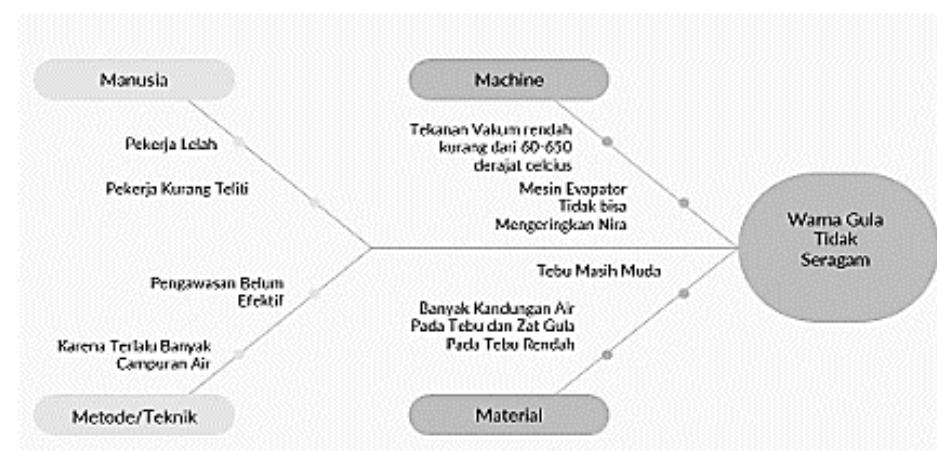
Tahap Analyze

Pada tahapan ini akan menganalisis sistem untuk mengidentifikasi bagaimana cara untuk menghilangkan kesenjangan antara kinerja sistem atau proses saat ini dengan tujuan yang diinginkan.



Gambar 3.3 Diagram Pareto Jenis Cacat Produk Gula

Diagram Pareto di atas menunjukkan distribusi dua jenis cacat utama dalam proses produksi gula, yaitu *Warna Tidak Seragam* dan *Butir Tidak Seragam*. Berdasarkan jumlah total cacat, *Warna Tidak Seragam* menjadi jenis cacat paling dominan dengan kontribusi sekitar 68% dari seluruh kasus, sementara *Butir Tidak Seragam* menyumbang sekitar 32%. Kurva persentase kumulatif menunjukkan bahwa lebih dari dua pertiga dari total masalah kualitas berasal dari satu kategori utama, yaitu warna produk. Hal ini mengindikasikan bahwa upaya perbaikan mutu sebaiknya difokuskan terlebih dahulu pada pengendalian warna produk untuk memberikan dampak terbesar dalam menurunkan jumlah total cacat secara signifikan. Pendekatan ini sesuai Dengan prinsip Pareto, yaitu 80/20, di mana sebagian besar masalah biasanya disebabkan oleh sedikit faktor penyebab utama. Diagram sebab akibat memperlihatkan hubungan antara permasalahan yang dihadapi dengan kemungkinan penyebabnya serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Berikut adalah diagram sebab akibat untuk jenis cacat warna gula tidak seragam:



Gambar 3.4 Diagram FishBone Warna Gula Tidak Seragam

Berdasarkan fishbone diagram yang telah dianalisis, defect pada produksi gula, khususnya cacat warna yang tidak seragam, dapat ditelusuri dari empat faktor utama, yaitu manusia, mesin, material (bahan baku), dan metode. Dari sisi manusia, cacat produk terjadi akibat kurangnya ketelitian dan kelelahan pekerja selama proses

produksi berlangsung. Kinerja sumber daya manusia yang tidak optimal akan sangat mempengaruhi kualitas akhir produk, sehingga penting bagi perusahaan untuk memperhatikan aspek ergonomi kerja, jadwal istirahat yang memadai, dan pelatihan ketelitian kerja.

Dari sisi mesin, ditemukan bahwa tekanan vakum yang digunakan tidak sesuai standar, yakni kurang dari 60–65°C, serta ketidakefektifan mesin evaporator dalam mengeringkan nira. Mesin yang tidak berfungsi dengan optimal akan mengganggu proses pengolahan nira menjadi gula kristal berkualitas. Oleh karena itu, perawatan berkala, kalibrasi alat, dan pengawasan teknis perlu ditingkatkan agar mesin dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi teknis yang diharapkan. Hal ini juga dapat menekan risiko cacat produk yang berasal dari ketidaksesuaian proses pengolahan.

Faktor material atau bahan baku juga menjadi penyebab utama, seperti penggunaan tebu yang masih muda, kandungan air yang tinggi, dan kadar gula yang rendah. Mutu bahan baku sangat menentukan kualitas produk akhir, sehingga penting bagi perusahaan untuk melakukan seleksi dan pengujian bahan baku secara ketat sebelum digunakan dalam proses produksi. Selain itu, metode kerja yang belum efektif, seperti pengawasan yang lemah dan pencampuran air yang berlebihan, turut memperburuk kualitas produk. Selanjutnya diagram sebab akibat untuk jenis cacat butiran tidak seragam:



Gambar 3.5 Diagram Fishbone Butiran Tidak Seragam

Berdasarkan fishbone diagram yang dianalisis, ditemukan bahwa defect pada produksi gula, khususnya terkait dengan ketidakteraturan ukuran butir gula (butir tidak seragam), disebabkan oleh empat faktor utama yaitu manusia, mesin, material (bahan baku), dan metode. Dari sisi manusia, kesalahan dalam penambahan bibit kristal tebu menjadi penyebab utama. Penambahan yang melebihi batas optimal 75–80 brix menyebabkan pembentukan kristal yang tidak merata, sehingga ukuran butir gula menjadi tidak seragam. Faktor ini menunjukkan perlunya peningkatan pemahaman dan keterampilan tenaga kerja dalam mengelola tahapan kristalisasi secara tepat sesuai dengan standar operasional yang ditetapkan.

Dari sisi mesin, permasalahan muncul karena mesin dalam proses produksi berjalan secara terus menerus tanpa jeda (continue), yang berdampak pada kestabilan proses kristalisasi. Mesin yang bekerja tanpa jeda dapat menurunkan efisiensi pengolahan dan memperbesar peluang terjadinya ketidakstabilan dalam hasil produksi. Selain itu, kerusakan pada mesin kristalizer, khususnya pada sistem ventilasi, menyebabkan aliran udara tidak optimal. Udara yang tidak dapat keluar dan masuk dengan maksimal akan memengaruhi proses penguapan dan pembentukan kristal gula, sehingga ukuran butir menjadi tidak merata. Oleh karena itu, diperlukan perawatan mesin secara berkala dan sistem monitoring yang efektif untuk mendeteksi potensi kerusakan sejak dini.

Faktor material juga menjadi penyebab penting, terutama penggunaan tebu yang masih muda. Tebu muda memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan tebu matang, seperti kadar air yang tinggi dan kandungan gula yang lebih rendah, yang akhirnya mempengaruhi kualitas kristalisasi. Selain itu, metode kerja yang digunakan juga turut memengaruhi hasil akhir. Proses pengawasan yang belum berjalan secara efektif dan kondisi lingkungan produksi yang kurang bersih turut memperbesar risiko terjadinya defect.

Tahap Improve.

1. Failure Mode and Effect Analyze (FMEA).

Setelah dilakukan analisa terhadap akar penyebab dari masing-masing jenis defect kritis menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA), kemudian dilakukan analisa terhadap tiap-tiap akar permasalahan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA digunakan untuk melihat manakah akar penyebab dari tiap-tiap jenis cacat yang paling perlu untuk dilakukan *improvement* berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN).

Untuk perhitungan RPN, data yang dibutuhkan antara lain adalah tingkat keparahan dari akar masalah (*severity*), frekuensi terjadinya *defect* akibat sebuah akar permasalahan (*occurrence*), dan kesulitan untuk melakukan deteksi terhadap gejala *defect* yang ditimbulkan oleh sebuah akar permasalahan (*detection*).

Tabel 3.2 Penilaian RPN Metode FMEA Warna Gula Tidak Seragam

Penyebab Potensial	S	O	D	RPN	Tindakan Pencegahan yang Disarankan
Pekerja lelah & kurang teliti	7	6	6	252	Rotasi kerja, pelatihan, jam kerja wajar
Tekanan vakum tidak stabil	8	5	7	280	Kalibrasi rutin, sensor tekanan
Mesin evaporator tidak optimal	8	4	6	192	Maintenance berkala, audit teknis
Tebu muda dan kualitas buruk	6	5	5	150	Seleksi bahan baku, uji laboratorium
Pencampuran air berlebih	7	4	6	168	SOP campuran dan kontrol mutu ketat

Tabel 3.3 Penilaian RPN Metode FMEA Butiran Gula Tidak Seragam

Penyebab Potensial	S	O	D	RPN	Tindakan Pencegahan yang Disarankan
Penambahan bibit kristal > 80 brix	8	7	5	280	Pelatihan operator, alat ukur otomatis
Mesin berjalan tanpa jeda	7	6	6	252	Jadwal jeda teratur, kontrol sistem
Ventilasi kristalizer rusak	8	4	7	224	Inspeksi sistem ventilasi berkala
Tebu muda, kadar gula rendah	6	5	5	150	Uji laboratorium & grading tebu
Kondisi ruang kerja kurang bersih	5	4	6	120	Implementasi 5R, jadwal kebersihan rutin

Berdasarkan hasil analisis FMEA terhadap dua jenis cacat utama dalam produksi gula, yaitu warna gula tidak seragam dan butiran gula tidak seragam, dapat disimpulkan bahwa beberapa penyebab memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang tinggi dan harus menjadi prioritas utama untuk dilakukan perbaikan. Pada cacat warna tidak seragam, penyebab dengan RPN tertinggi adalah tekanan vakum yang tidak stabil (RPN = 280), diikuti oleh faktor kelelahan dan ketidaktelitian pekerja (RPN = 252). Ini menunjukkan bahwa aspek mesin dan manusia menjadi dua titik kritis yang paling berkontribusi terhadap cacat tersebut. Untuk mengatasi hal ini, perusahaan perlu memperketat pemantauan kondisi mesin dan melakukan kalibrasi secara berkala, serta mengatur ulang sistem kerja karyawan agar lebih ergonomis dan terstruktur.

Sementara itu, pada cacat butiran tidak seragam, nilai RPN tertinggi juga berada pada faktor kesalahan penambahan bibit kristal tebu (RPN = 280), diikuti oleh mesin yang berjalan terus menerus tanpa jeda (RPN = 252). Keduanya menunjukkan bahwa ketidakteraturan ukuran butiran gula sangat dipengaruhi oleh kesalahan operasional dan kurangnya pemeliharaan mesin. Oleh karena itu, perusahaan harus memberikan pelatihan teknis yang lebih intensif kepada operator, sekaligus menyusun jadwal jeda operasional mesin agar proses kristalisasi dapat berlangsung optimal. Selain itu, kerusakan pada sistem ventilasi kristalizer yang memiliki RPN cukup tinggi (224) juga harus segera ditindaklanjuti dengan inspeksi dan perawatan rutin.

Tahap Control.

Pada tahap control dilakukan implementasi dari tindakan perbaikan, kemudian dievaluasi apakah tindakan tersebut sudah efektif dalam meningkatkan pengendalian produksi perusahaan. Fokus utama dalam tahap ini adalah menjaga agar proses produksi tetap berada dalam batas kontrol yang telah ditetapkan, serta mencegah terulangnya akar masalah yang menyebabkan cacat produk sebelumnya. Metode yang digunakan dalam tahap ini meliputi penerapan *Standard Operating Procedure (SOP)* baru, checklist kontrol mutu, pelatihan berkelanjutan, serta pengawasan berbasis data seperti *Control Chart* dan audit berkala.

Control terhadap Cacat Warna Gula Tidak Seragam.

Berdasarkan hasil FMEA, penyebab utama yang memiliki RPN tertinggi adalah tekanan vakum tidak stabil dan pekerja yang lelah dan kurang teliti. Oleh karena itu, langkah pengendalian difokuskan pada dua aspek utama yaitu mesin dan manusia. Adapun Langkah – Langkah pengendalian dijelaskan sebagai berikut:

- a. Pengendalian Mesin dan Tekanan Vakum, pengendalian mesin dan tekanan vakum meliputi:
 - Implementasi sistem sensor tekanan otomatis dengan alarm untuk mendeteksi deviasi dari standar (60–65°C).
 - Kalibrasi mesin secara terjadwal setiap bulan, disertai dengan laporan hasil kalibrasi yang ditandatangani supervisor.
 - Penerapan control chart (misalnya X-bar dan R Chart) untuk memantau fluktuasi suhu dan tekanan pada mesin evaporator secara real-time.
 - Checksheet harian untuk mencatat tekanan dan suhu vakum, yang kemudian ditinjau oleh bagian Quality Assurance (QA).
- b. Pengendalian Sumber Daya Manusia, pengendalian SDM meliputi:
 - Rotasi kerja dan jadwal istirahat yang diatur ulang untuk mengurangi kelelahan operator, terutama di area pengawasan mutu.
 - Penerapan pelatihan berkala tentang pentingnya ketelitian dalam pengawasan warna dan mutu gula, disertai modul dan evaluasi.
 - Checklist kerja harian untuk operator dengan pengawasan dari atasan langsung yang menandai tingkat fokus kerja.
- c. Pengendalian Bahan Baku dan Metode, pengendalian bahan baku dan prosedur meliputi:
 - Prosedur penerimaan bahan baku diperketat, termasuk uji kadar air dan kadar gula di laboratorium sebelum diproses.
 - SOP pencampuran air direvisi agar proporsi sesuai standar dan disosialisasikan kepada seluruh pekerja.
 - Audit mutu internal bulanan untuk memastikan pelaksanaan SOP dijalankan sesuai standar.

Control terhadap Cacat Butiran Gula Tidak Seragam.

Masalah utama yang teridentifikasi adalah kesalahan dalam penambahan bibit kristal (lebih dari 80 brix) dan mesin berjalan terus menerus tanpa jeda. Oleh karena itu, kontrol difokuskan pada proses kristalisasi, pengawasan operator, serta performa mesin kristalizer. Adapun Langkah – Langkah pengendalian dijelaskan sebagai berikut:

- a. Pengendalian Proses Kristalisasi dan Operator, pengendalian kristalisasi dan operator meliputi:
 - Penerapan alat ukur digital otomatis untuk memantau kadar brix secara presisi dan memberi sinyal otomatis saat batas optimal tercapai.
 - Checklist pencatatan kadar brix setiap batch disertai dengan persetujuan dari pengawas produksi.
 - Pelatihan ulang dan simulasi proses kristalisasi untuk semua operator kristalizer dengan sertifikasi setelah pelatihan.
- b. Pengendalian Mesin Kristalizer, pengendalian mesin kristalizer meliputi:
 - Jadwal jeda operasi mesin disusun ulang berdasarkan siklus produksi harian agar mesin tidak bekerja secara continue.
 - Pemeliharaan ventilasi mesin secara rutin, minimal dua kali dalam sebulan, dengan dokumen inspeksi ventilasi sebagai bukti audit.
 - Pemasangan alarm suhu dan kelembaban pada ruang kristalisasi untuk mendeteksi kondisi abnormal yang dapat mengganggu pembentukan butiran gula.
- c. Kebersihan dan Lingkungan Produksi, pengendalian kebersihan dan lingkungan meliputi:
 - Implementasi program 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin) di area produksi dengan penanggung jawab harian.
 - Pembuatan checklist kebersihan area kerja yang harus ditandatangani oleh tim QA setiap akhir shift.
 - Audit lingkungan kerja secara acak oleh tim pengawas mutu untuk mencegah penurunan standar kebersihan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penerapan metode Six Sigma dengan pendekatan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) untuk mengurangi produk cacat di PG. XYZ dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Jenis Cacat Utama: Terdapat dua jenis cacat utama pada produk gula yang diidentifikasi selama proses produksi, yaitu:
 - Butir gula tidak seragam (melebihi atau kurang dari standar ukuran 0,8–1,2 mm).
 - Warna gula tidak seragam, yang tidak memenuhi standar maksimal indeks warna 300 IU.
2. Tingkat Cacat Produksi: Dari total produksi gula sebesar 15.445.900 ton dalam 31 hari, ditemukan 518.050 ton produk cacat (sekitar 3,65%), dengan jenis cacat terbanyak adalah warna tidak seragam.
3. Analisis Statistik dan Kontrol Proses: Hasil analisis menggunakan P-Chart menunjukkan bahwa sebagian besar proses produksi berada di luar batas kendali, yang berarti proses belum stabil secara statistik dan masih dipengaruhi oleh variasi khusus (special cause variation).
4. Tingkat Sigma dan DPMO: Tingkat performansi proses rata-rata berada di level Sigma 2,5, dengan nilai DPMO rata-rata sebesar 25.000–30.000. Ini menunjukkan bahwa proses produksi masih memiliki ruang besar untuk perbaikan dalam upaya mencapai zero defect (3,4 DPMO).
5. Penyebab Utama Cacat (Analyze): Hasil Fishbone Diagram menunjukkan penyebab utama cacat berasal dari:
 - Faktor manusia (kurangnya pelatihan operator dan pengawasan kerja),
 - Faktor mesin (pengaturan mesin yang tidak konsisten),
 - Faktor material (ketidaksesuaian bahan pembantu),
 - Faktor metode kerja (tidak adanya SOP baku pada titik kritis proses),
 - Faktor lingkungan kerja (pencahayaan dan kebersihan area produksi yang kurang optimal).
6. Usulan Perbaikan (Improve): Dengan pendekatan 5W + 1H, diusulkan beberapa solusi strategis seperti:
 - Pembuatan SOP dan pelatihan kerja ulang bagi operator,
 - Penyesuaian ulang mesin kristalisasi dan sentrifugal,
 - Monitoring kualitas bahan baku dan pembantu secara rutin.
7. Tahap Kontrol (Control): Tahap kontrol dilakukan melalui pembuatan SOP, jadwal audit kualitas rutin, dan penerapan monitoring berbasis data statistik, untuk menjaga perbaikan yang telah dilakukan tetap efektif dan berkelanjutan.

5. REFERENSI

- Alfie Oktavia. (2021). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Pendekatan Statistical Quality Control (SQC) di PT. Samcon. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 11(2), 106–113.
- Antony, J. (2021). *A Lean Six Sigma Maturity Model for Higher Education Institutions (HEIs)* A thesis by Stephen Graham Anthony for Doctor of Philosophy. March.
- Basjir, M., Suhartini, S., & Robbi, N. (2023). Pengendalian Kualitas Produk Plastik Menggunakan Six Sigma Guna Meningkatkan Daya Saing. *Journal of Research and Technology*, 9(1), 33–46.
- Chandra, M. J. (2001). Statistical quality control. *Statistical Quality Control*, 1–285.
- Curphy, G. (2021). Leadership and change. In *The Business & Management Collection* (Vol. 2021, Issue 10).
- Damayanti, A. P., & Aziza, N. (2024). Six Sigma Dalam Perspektif Akuntansi Manajemen: Peningkatan Manajemen Biaya Strategis dan Pengendalian Kualitas Produk. *Owner*, 8(2), 1768–1776.
- Dwi Wahyu Agustiningtyas, A., Kurniawati, E., Citra Kusumasari, F., Wahyu Agustiningtyas, D., Rekayasa Pangan, T., Pertanian, T., Negeri Jember, P., & Industri Pangan, T. (2024). Penerapan Six Sigma untuk Pengendalian Kualitas Keripik Singkong di IKM Gazal Makmur Implementation of Six Sigma for Quality Control of Cassava Chips in IKM Gazal Makmur. *JOFE: Journal of Food Engineering | E-ISSN*, 3(1), 45–56.
- Erlangga, R. B., & Wahyuni, H. C. (2023). Application of Quality Control using Six Sigma and Taguchi Method on UMKM Kerupuk Tahu Bangil in Pandemic Period (Case Study: UD. Sanusi). *Procedia of Engineering and Life Science*, 3(December).
- Industri, T. (n.d.). *Penerapan Six Sigma untuk Meningkatkan Kualitas dan Mengurangi Cacat Produk MUHAMMAD AZIS AKBAR*. 1–8.
- Intent, J. (2024). Metode Six Sigma (Dmaic) Di Blkk Al-Insan. 7(1), 59–69.
- Jirasukprasert, P., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., & Lim, M. K. (2015). A six sigma and dmaic application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(1), 2–22.
- Kifta, D. A., & Munzir, T. (2018). Analisis Defect Rate Pengelasan Dan Penanggulangannya Dengan Metode Six Sigma Dan Fmea Di Pt. Profab Indonesia. *Jurnal Dimensi*, 7(1), 162–174. Mahardhika, S. E., & Al-Faritsy, A.

- Z. (2023). Meminimalisir Produk Cacat Pada Produksi Batik Cap Menggunakan Penerapan Metode Six Sigma Dan Kaizen. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 9(2), 464.
- Matta, V. (2014). Implementation of lean manufacturing. *International Journal of Applied Engineering Research*, 9(23), 21401–21408.
- Noviyarsi, Muchtiar, Y., & Alhamda, W. S. (2023). Analisis Penyebab Cacat Produk Aluminium Collapsible Tube Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Fault Tree Analysis. *Jurnal ARTI: Aplikasi Rancangan Teknik Industri*, 18(1), 59–71.
- Nur Sahroni, & Darajatun, R. A. (2024). Efektivitas Proses Produksi Melalui Pengendalian Kualitas pada Part End Plate dengan Metode Lean Six Sigma di PT. GCE. *Industrika: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 8(2), 343–351.
- Pradana, M. F., Safar, L. O. A., & Pawitra, T. A. (2023). (Journal of Industrial and Manufacture Engineering). *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, 5(1), 30–40.
- Rinjani, I., Wahyudin, W., & Nugraha, B. (2021). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Cacat pada Lensa Tipe X Menggunakan Lean Six Sigma dengan Konsep DMAIC. *Unistik*, 8(1), 18–29.
- Rochmoeljati Rr., & Hidayat Taufik Moch. (2020). Perbaikan Kualitas Produk Roti Tawar Gandeng Dengan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Dan Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Di Pt. Xxz. *Juminten: Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi*, 01(04), 70–80.
- Sepriandini, F., & Ngatilah, Y. (2021). Analisis Kualitas Produk Koran Menggunakan Metode Six Sigma Dan Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Di Pt. Xyz Balikpapan. *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, 16(2), 48–59.