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

ANALISIS POTENSI KEGAGALAN KUALITAS WARNA GULA KRISTAL PUTIH DENGAN METODE FMEA PADA PG KWALA MADU

Dwi Zahara Syahfitri[1], Amri[2]*

[1'2]*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe*
*Email: dwi.230130162@mhs.unimal.ac.id[1] , Iramri@unimal.ac.id[2]

Abstrak
Kualitas warna Gula Kristal Putih (GKP) merupakan salah satu indikator mutu penting yang harus dikendalikan dalam industri gula karena berkaitan langsung dengan tingkat kemurnian dan daya terima produk. PT SGN PG Kwala Madu, sebagai perusahaan yang memproduksi GKP, masih menghadapi variasi nilai warna (ICUMSA) pada setiap periode produksi yang menunjukkan adanya potensi kegagalan proses. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan kualitas warna gula kristal putih (GKP) menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), menentukan prioritas kegagalan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), serta menganalisis faktor penyebab kegagalan menggunakan *Fishbone* Diagram sebagai dasar dalam menentukan usulan perbaikan. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan data primer dan sekunder yang dikumpulkan melalui observasi dan dokumentasi hasil pengujian laboratorium selama periode 18 Januari sampai 6 Februari 2025. Data dianalisis dengan menghitung nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk memperoleh *Risk Priority Number* (RPN), dilanjutkan dengan analisis diagram *fishbone* pada potensi kegagalan berisiko tertinggi. Hasil penelitian menunjukkan tujuh potensi kegagalan yang memengaruhi kualitas warna gula, dengan kristal gula berwarna tidak seragam pada proses kristalisasi sebagai prioritas utama (RPN=120), diikuti molases yang masih menempel pada kristal (RPN=112), dan warna gula lebih gelap akibat proses sulfitasi (RPN=96). Penyebab utama bersumber dari faktor manusia, metode, mesin, bahan baku, dan pengukuran. Usulan perbaikan yang disarankan meliputi peningkatan pengawasan operator, standardisasi suhu dan waktu kristalisasi, perawatan mesin secara berkala, serta kalibrasi alat ukur secara rutin guna menjaga konsistensi kualitas warna Gula Kristal Putih sesuai standar perusahaan.

Kata kunci: *Kualitas Warna Gula, Gula Kristal Putih, FMEA, Risk Priority Number, Diagram Fishbone*

Pendahuluan

Kualitas merupakan suatu kondisi dinamis yang berhubungan dengan produk, jasa, manusia, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan [1]. Dimana kualitas menurut perusahaan berarti produk yang dihasilkan sesuai dengan standar perusahaan. Sedangkan pengertian kualitas menurut konsumen tentu memiliki arti berbeda antara satu konsumen dengan konsumen yang lainnya sesuai dengan apa yang dibutuhkan oleh masing-masing konsumen tersebut [2]. Sehingga, pengendalian kualitas perlu diterapkan mulai dari sebelum proses produksi, selama proses produksi berlangsung, hingga produk akhir dihasilkan [3].

Penerapan pengendalian kualitas sangat penting untuk dilakukan agar dapat menghasilkan suatu produk yang sesuai dengan standar kualitas yang sudah ditetapkan oleh perusahaan, akan dapat meningkatkan pangsa pasar dan diminati akan lebih diminati oleh banyak konsumen [4]. Pengendalian terhadap kualitas dinilai penting karena menjadi salah satu upaya untuk memenangkan persaingan usaha. [5] Pengendalian kualitas apabila dilakukan dengan baik maka dibutuhkan biaya pengawasan kualitas, jika tidak dilakukan dengan baik maka menimbulkan kesulitan untuk memasarkan produk karena tersaingi dengan produk sejenis dengan kualitas lebih baik, sementara produk yang tidak disukai adalah karena jumlah produk cacat yang dimiliki perusahaan lebih banyak.

ISSN 2338-7122

Gula merupakan pemanis alami yang berasal dari tebu (*Saccharum officinarum*) [6]. Metode yang diakui secara internasional untuk penentuan warna pada produk gula adalah metode ICUMSA (I*nternational Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis*). Metode ini melibatkan penggunaan instrumen *spektrofotometer* dan pengukuran absorbansi cahaya pada panjang gelombang tertentu untuk menentukan nilai warna gula Salah satu produk olahannya adalah Gula Kristal Putih (GKP), yang kualitasnya ditentukan oleh beberapa parameter, salah satunya nilai warna sebagai indikator mutu [7].

Diantara parameter tersebut, nilai ICUMSA menjadi salah satu indicator penting karena menunjukkan tingkat kemurnian dan kualitas warna gula [8]. SNI 3140.3:2020, digunakan sebagai acuan dalam pemenuhan persyaratan mutu Gula Kristal Putih, sedangkan ICUMSA digunakan sebagai metode pengukuran warna gula. Hasil pengujian di PT SGN KWALA MADU menunjukkan bahwa nilai warna gula berada pada rentang 262-268 IU, dengan nilai maksimum 288 IU yang masih berada di bawah batas maksimum 300 IU. Namun, masih terdapat variasi nilai ICUMSA pada setiap periode produksi yang menunjukkan adanya potensi kegagalan proses sehingga perlu di analisis untuk menetukan usulan perbaikan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis potensi kegagalan dalam pengendalian kualitas adalah *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) [9]. Metode ini mampu mengidentifikasi potensi kegagalan serta menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) [10], yang diperoleh dari hasil perkalian nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) [11]. Dalam penerapannya, FMEA sering dipadukan dengan diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya kegagalan [12]. Diagram *fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu permasalahan secara sistematis. Menurut [13], penyusunan diagram *fishbone* diawali dengan menetapkan permasalahan yang akan dianalisis, kemudian mengidentifikasi kategori penyebab, melakukan *brainstorming* untuk menemukan berbagai penyebab potensial, serta mengkaji dan menyepakati penyebab yang paling mungkin sebagai dasar analisis lebih lanjut. Berdasarkan faktor manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), material (*material*), pengukuran (*measurement*), dan lingkungan (*environment*) [14]. Adapun tahapan penerapan metode FMEA dalam penelitian ini mengacu pada [15], yaitu mengidentifikasi fungsi proses produksi, menentukan *failure mode*, mengidentifikasi dampak dan penyebab kegagalan, menetapkan metode identifikasi proses, memberikan penilaian terhadap *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D), serta menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebagai dasar dalam menentukan prioritas usulan perbaikan.

Penerapan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) [16] bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai mode kegagalan beserta tingkat keparahan dampaknya, menentukan karakteristik yang bersifat kritis dan signifikan, serta menetapkan prioritas terhadap potensi kegagalan pada desain maupun proses produksi. Selain itu, metode ini membantu tim dalam memusatkan perhatian pada produk dan proses yang berisiko tinggi sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan lebih awal untuk meminimalkan munculnya permasalahan.

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dalam pengendalian kualitas pada industri gula. Penelitian oleh [17] menerapkan metode FMEA untuk mengidentifikasi mode kegagalan pada proses produksi gula di PT Madubaru PG PS Madukismo Yogyakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor manusia, metode kerja, lingkungan, bahan baku, dan mesin merupakan penyebab utama terjadinya kecacatan produk, sehingga diperlukan usulan perbaikan berdasarkan tingkat risiko. Selanjutnya, [18] mengombinasikan metode Six Sigma, *Fault Tree Analysis* (FTA), dan FMEA dalam menganalisis kualitas produk gula. Penelitian tersebut berhasil mengidentifikasi penyebab utama cacat produk, termasuk penyimpangan warna gula, serta memberikan rekomendasi perbaikan melalui peningkatan pengawasan proses, penerapan *standard operating procedure* (SOP), dan pengendalian bahan baku. Selain itu, [19] menggunakan *control chart*, diagram *fishbone*, dan FMEA untuk menganalisis cacat produksi pada industri gula. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa meskipun proses produksi masih berada dalam batas kendali

ISSN 2338-7122

statistik, analisis FMEA tetap diperlukan untuk menentukan prioritas risiko serta menyusun tindakan perbaikan yang lebih efektif.

Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih berfokus pada pengendalian kualitas produk gula secara umum dan identifikasi penyebab kecacatan proses produksi. Belum terdapat penelitian yang secara khusus menganalisis potensi kegagalan terhadap kualitas warna Gula Kristal Putih berdasarkan parameter ICUMSA, kadar air, sulfur dioksida (SO_2), dan polarisasi (Pol) menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) pada PT SGN PG Kwala Madu. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang memengaruhi kualitas warna Gula Kristal Putih serta menyusun usulan perbaikan berdasarkan prioritas risiko sebagai upaya meningkatkan efektivitas pengendalian kualitas di perusahaan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi kualitas warna Gula Kristal Putih di PT SGN PG Kwala Madu, mengidentifikasi potensi kegagalan yang memengaruhi kualitas warna gula menggunakan metode FMEA, serta menyusun usulan perbaikan berdasarkan analisis diagram *fishbone* untuk meminimalkan potensi kegagalan tersebut.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif, sebagaimana lazim digunakan pada penelitian pengendalian kualitas berbasis data produksi, karena data yang diolah berupa data hasil pengamatan proses produksi dan data mutu Gula Kristal Putih. Penelitian dilaksanakan di PT SGN PG Kwala Madu yang berlokasi di Desa Sidomulyo, Kecamatan Binjai, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara, selama kegiatan kerja praktik pada tanggal 19 Januari sampai dengan 19 Februari 2026.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses produksi Gula Kristal Putih untuk mengetahui tahapan proses yang berpotensi memengaruhi kualitas warna gula, serta dokumentasi hasil pengujian kualitas dari bagian laboratorium perusahaan yang meliputi nilai warna (ICUMSA), kadar air, SO2, dan polarisasi (Pol). Data sekunder diperoleh dari dokumen atau arsip perusahaan, meliputi data hasil produksi dan laporan pengendalian kualitas.

Analisis data dilakukan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) melalui tahapan [20] : (1) identifikasi potensi kegagalan (*failure mode*) pada setiap tahapan proses produksi; (2) identifikasi dampak kegagalan (*failure effect*); (3) identifikasi penyebab kegagalan (*failure cause*); (4) identifikasi pengendalian yang telah diterapkan perusahaan (*current control*); (5) penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D); serta (6) perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) melalui persamaan RPN = S x O x D. Potensi kegagalan dengan nilai RPN tertinggi selanjutnya dianalisis akar penyebabnya menggunakan diagram *fishbone* sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan.

Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian kualitas gula diperoleh dari bagian *Quality Assurance* PT Sinergi Gula Nusantara selama periode 18 Januari sampai 6 Februari 2025, meliputi parameter ICUMSA, kadar air, SO2, dan polarisasi (Pol) dari 20 hari produksi. Ringkasan statistik deskriptif hasil pengujian dibandingkan dengan standar mutu perusahaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Data Hasil Pengujian Kualitas Gula dan Standar Mutu Perusahaan

Parameter	Nilai Minimum	Nilai Maksimum	Rata-rata	Standar Mutu Perusahaan
ICUMSA (IU)	262	288	271,5	≤ 300 IU
Kadar Air (%)	0,80	0,98	0,85	≤ 0,10 %

ISSN 2338-7122

Parameter	Nilai Minimum	Nilai Maksimum	Rata-rata	Standar Mutu Perusahaan
SO2	13,44	28,45	18,10	≤ 30
Pol (%)	99,74	99,81	99,78	≥ 99,50 %

Sumber: Laboratorium QA PT Sinergi Gula Nusantara PG Kwala Madu (2025)

Secara umum nilai ICUMSA dan polarisasi masih berada dalam batas standar mutu perusahaan, namun tetap terdapat variasi nilai pada setiap periode produksi yang mengindikasikan adanya potensi kegagalan proses yang perlu dikendalikan.

Berdasarkan data pengujian tersebut, dilakukan identifikasi potensi kegagalan (*failure mode*), dampak (*failure effect*), penyebab (*failure cause*), serta pengendalian yang telah diterapkan (*current control*) pada setiap tahapan proses produksi menggunakan metode FMEA. Hasil identifikasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Identifikasi Failure Mode, Failure Effect, Failure Cause, dan Current Control

Proses	***Failure Mode***	***Failure Effect***	***Failure Cause***	***Current Control***
Sulfitasi	Warna gula lebih gelap (ICUMSA naik)	Nilai ICUMSA melebihi standar	Dosis SO2 tidak sesuai/proses sulfitasi kurang optimal	Pengaturan dosis SO2 dan pemeriksaan pH berkala
Pemurnian Nira	Nira kurang jernih	Warna gula kurang putih, kualitas menurun	Proses pemurnian kurang optimal	Pengawasan penambahan susu kapur dan klarifikasi
Penguapan	Perubahan warna nira	Warna gula akhir lebih gelap	Suhu/waktu penguapan terlalu tinggi	Pengontrolan suhu, waktu, dan tekanan uap
Kristalisasi	Kristal berwarna tidak seragam	Penampilan produk kurang baik, mutu tidak konsisten	Pengaturan suhu dan proses kristalisasi kurang optimal	Pengaturan suhu, vakum, dan pertumbuhan kristal
Sentrifugal	Molases menempel pada kristal	Warna kecoklatan, kemurnian menurun	Pemisahan kristal dan molases kurang sempurna	Pemeriksaan putaran mesin dan waktu pemisahan
Pengeringan	Kadar air tidak sesuai	Gula mudah menggumpal saat disimpan	Suhu/waktu pengeringan tidak sesuai	Pengaturan suhu udara pengering dan uji kadar air
Pengendalian Mutu	Penyimpangan mutu tidak terdeteksi	Produk tidak standar berpotensi lolos ke konsumen	Pemeriksaan kurang teliti/frekuensi inspeksi kurang	Pengendalian mutu oleh QA sebelum produk dikemas

Sumber: Quality Assurance PT Sinergi Gula Nusantara PG Kwala Madu, diolah

Selanjutnya dilakukan penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) terhadap setiap potensi kegagalan, kemudian dihitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) melalui perkalian ketiga nilai tersebut untuk menentukan prioritas risiko. Hasil penilaian dan perhitungan RPN disajikan pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Penilaian S, O, D, Perhitungan RPN, dan Prioritas Risiko

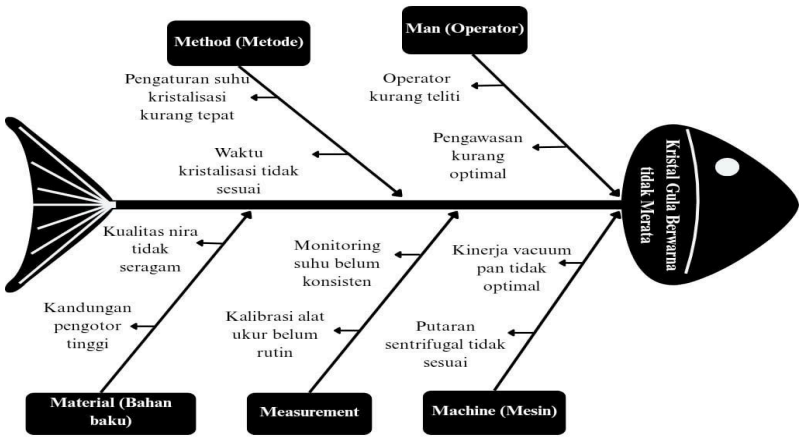
ISSN 2338-7122

No	Proses	Potensi Kegagalan	S	O	D	RPN	Prioritas
1	Kristalisasi	Kristal berwarna tidak seragam	6	5	4	120	1
2	Sentrifugal	Molases menempel pada kristal	7	4	4	112	2
3	Sulfitasi	Warna gula lebih gelap	8	3	4	96	3
4	Pengendalian Mutu	Penyimpangan mutu tidak terdeteksi	9	2	5	90	4
5	Pemurnian Nira	Nira kurang jernih	7	4	3	84	5
6	Penguapan	Perubahan warna nira	7	3	4	84	6
7	Pengeringan	Kadar air tidak sesuai standar	8	2	2	32	7

Sumber: Pengolahan Data (2026)

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa potensi kegagalan kristal gula berwarna tidak seragam pada proses kristalisasi memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 120, sehingga menjadi prioritas utama untuk dianalisis lebih lanjut, diikuti oleh molases yang masih menempel pada kristal gula (RPN=112) dan warna gula lebih gelap akibat proses sulfitasi (RPN=96).

Untuk mengetahui akar penyebab potensi kegagalan dengan RPN tertinggi, dilakukan analisis menggunakan diagram *fishbone* yang menunjukkan 5 indikator yaitu *man*, *method*, *machine*, *material*, dan *measurement*, berikut gambar 1 yaitu diagram *fishbone*.



Gambar 1 Diagram *Fishbone*
Sumber: Pengolahan Data

1. *Man* (Operator)
   a. Operator kurang teliti
      Kurangnya ketelitian operator dalam menjalankan proses kristalisasi dapat menyebabkan pengaturan suhu, waktu proses, maupun parameter lainnya menjadi kurang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Kondisi tersebut dapat menghambat proses pembentukan kristal gula sehingga ukuran dan warna kristal yang dihasilkan menjadi tidak seragam.
   b. Pengawasan kurang optimal
      Pengawasan yang belum dilakukan secara optimal dapat menyebabkan penyimpangan selama proses produksi tidak segera diketahui maupun ditindaklanjuti. Akibatnya, potensi kegagalan pada proses kristalisasi dapat terus berlangsung dan memengaruhi kualitas kristal gula yang dihasilkan.
2. *Method* (Metode)
   a. Pengaturan suhu kristalisasi kurang tepat

ISSN 2338-7122

Pengaturan suhu yang tidak sesuai dapat mengganggu proses pembentukan kristal sehingga menghasilkan kristal gula yang tidak seragam.

b. Waktu kristalisasi tidak sesuai
Waktu kristalisasi yang terlalu singkat maupun terlalu lama dapat memengaruhi proses pertumbuhan kristal gula. Akibatnya, kristal yang terbentuk memiliki ukuran yang berbeda-beda dan menghasilkan kualitas produk yang kurang konsisten.

3. *Machine* (Mesin)
   a. Kinerja vacuum pan tidak optimal
   Vacuum pan yang bekerja kurang optimal dapat menyebabkan proses penguapan nira tidak berlangsung secara maksimal. Kondisi ini akan memengaruhi pembentukan kristal gula sehingga ukuran dan warna kristal yang dihasilkan menjadi tidak seragam.
   b. Putaran sentrifugal tidak sesuai
   Kecepatan putaran mesin sentrifugal yang tidak sesuai dapat menyebabkan proses pemisahan molases dari kristal gula berlangsung kurang sempurna. Akibatnya, masih terdapat sisa molases yang menempel pada kristal sehingga memengaruhi kualitas dan keseragaman warna gula.
4. *Material* (Bahan Baku)
   a. Kualitas nira tidak seragam
   Perbedaan kualitas nira yang digunakan sebagai bahan baku dapat menyebabkan proses kristalisasi tidak berlangsung secara konsisten. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap pembentukan kristal gula sehingga ukuran maupun warna kristal yang dihasilkan menjadi kurang seragam.
   b. Kandungan pengotor tinggi
   Kandungan pengotor yang masih terdapat dalam nira dapat menghambat proses pemurnian dan pembentukan kristal gula. Selain itu, pengotor juga dapat memengaruhi warna gula sehingga kualitas produk akhir menjadi menurun.
5. *Measurement* (Pengukuran)
   a. Monitoring suhu belum konsisten
   Monitoring suhu yang belum dilakukan secara konsisten dapat menyebabkan perubahan kondisi proses tidak segera diketahui. Akibatnya, penyimpangan suhu selama proses kristalisasi dapat memengaruhi pembentukan kristal gula dan menyebabkan kualitas produk menjadi tidak seragam.
   b. Kalibrasi alat ukur belum rutin
   Kalibrasi alat ukur yang tidak dilakukan secara berkala dapat mengurangi tingkat keakuratan hasil pengukuran. Kondisi ini berpotensi menyebabkan kesalahan dalam pengendalian proses sehingga penyimpangan yang terjadi tidak dapat terdeteksi secara tepat.

Kelima faktor tersebut saling berkaitan dan secara bersama-sama menyebabkan proses pembentukan kristal gula berlangsung tidak stabil sehingga menghasilkan kristal dengan ukuran dan warna yang tidak seragam. Penggunaan diagram *fishbone* untuk menelusuri faktor penyebab penyimpangan mutu ini sejalan dengan penelitian pengendalian kualitas pada produk mie kering yang juga mengombinasikan peta kendali dan diagram *fishbone* untuk menurunkan tingkat kecacatan kemasan produk.

Berdasarkan hasil analisis FMEA dan diagram *fishbone*, disusun usulan perbaikan yang berfokus pada faktor-faktor penyebab utama, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Usulan Perbaikan Berdasarkan Faktor Penyebab

Faktor	Penyebab	Usulan Perbaikan
Man	Ketelitian operator rendah; pengawasan kurang efektif	*Briefing* dan pelatihan berkala mengenai pengendalian proses kristalisasi; peningkatan frekuensi pengawasan oleh supervisor

ISSN 2338-7122

Faktor	Penyebab	Usulan Perbaikan
Method	Pengaturan suhu dan waktu kristalisasi kurang tepat	Menetapkan batas suhu operasi sesuai SOP dan memantau suhu serta waktu kristalisasi secara berkala
Machine	Kinerja vacuum pan menurun; putaran sentrifugal tidak stabil	*Preventive maintenance* dan pemeriksaan *vacuum pan* berkala; pengecekan putaran mesin sebelum produksi
Material	Mutu nira tidak stabil; kandungan pengotor tinggi	Pemeriksaan kualitas nira sebelum kristalisasi; optimalisasi dan pemeriksaan berkala proses pemurnian nira
Measurement	Monitoring proses kurang konsisten; kalibrasi belum rutin	Lembar monitoring proses berkala; penyusunan jadwal kalibrasi alat ukur secara rutin

Sumber: Pengolahan Data.

Usulan perbaikan tersebut sejalan dengan konsep pengendalian kualitas yang menekankan pencegahan ketidaksesuaian produk melalui pengawasan proses, standardisasi prosedur kerja, serta perawatan peralatan secara berkala. Dengan penerapan usulan perbaikan pada kelima faktor penyebab tersebut, potensi kegagalan pada proses kristalisasi dan tahapan produksi lainnya diharapkan dapat diminimalkan sehingga kualitas warna Gula Kristal Putih tetap konsisten sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan oleh PT SGN PG Kwala Madu.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis, kualitas warna Gula Kristal Putih di PT SGN PG Kwala Madu secara umum telah memenuhi standar mutu yang ditetapkan oleh SNI 3140.3:2020 maupun standar internal perusahaan, dengan rata-rata nilai ICUMSA sebesar 271,5 IU (dibawah batas maksimum 300 IU) dan rata-rata nilai polarisasi sebesar 99,78% (diatas batas minimal 99,50%). Walaupun demikian, fluktuasi mutu antar periode produksi masih ditemukan sehingga memerlukan pengendalian kualitas yang ketat.

Hasil analisis FMEA mengidentifikasi 7 potensi kegagalan, dengan tiga prioritas utama yaitu kristal gula bewarna tidak seragam pada proses kristalisasi (RPN=120), molases yang menempel pada kristal (RPN=112) dan warna gula lebih gelap akibat proses sulfitasi (RPN=96). Analisis diagram fishbone menunjukkan bahwa penyebab berasal dari faktor manusia, metode, mesin, material, dan pengukuran. Usulan perbaikan difokuskan pada peningkatan pengawasan dan pelatihan operator, penyempurnaan SOP suhu dan waktu kristalisasi, *preventive maintenance* pada unit vacuum pan, pemeriksaan mutu nira sebelum diproses, serta pengetatan *monitoring* dan kalibrasi alat ukur secara berkala.

Referensi

[1] dan A. T. H. Suhartini, Mochammad Basjir, “Pengendalian Kualitas dengan Pendekatan *Six Sigma* dan *New Seventools* sebagai Upaya Perbaikan Produk,” vol. VI, no. 2460, pp. 297–311, 2021.

[2] H. F. Ningrum, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Metode *Statistical Process Control* (SPC) Pada PT Difa Kreasi,” vol. 1, no. 2, pp. 61–75.

[3] K. P. Alifka and F. Apriliani, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Metode S*tatistical Process Control* (SPC) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA),” 2024.

[4] S. Nazia, M. Fuad, F. Ekonomi, P. Manajemen, and U. Samudra, “Peranan S*tatistical Quality Control* (SQC) Dalam Pengendalian Kualitas : Studi Literatur,” vol. 4, pp. 125–138, 2023.

[5] F. A. Lestari and N. Purwatmini, “Pengendalian Kualitas Produk Tekstil Menggunakan Metoda DMAIC,” vol. 5, no. 1, pp. 79–85, 2021.

[6] M. R. Wardani, “Analisis Pemborosan Pada Proses Produksi Gula Kristal Putih (GKP) Menggunakan Metode Lean Six Sigma dan FMEA,” vol. 16, no. 1, pp. 181–190, 2023.

[7] A. Risma Sari , Maryam, “Penentuan Warna Pada Gula Kristal Rafinasi Dengan Metode Icumsa

Untuk Jenis Gula R1 Dan R2 Pada PT. XYZ," vol. 13, no. 1, pp. 20–26, 2024.

[8] M. Salam, D. Fitra, D. Statistika, F. Matematika, and S. Data, "Pengendalian Kualitas Gula Kristal Putih (GKP) di PG Tjoekir Jombang Menggunakan Diagram Kontrol Multivariat Berbasis Time Series," vol. 1, no. 1, 2021.

[9] I. B. S. W. Febriyanti and Winda Amilia, "Identifikasi Risiko Pada Okra Menggunakan Failure Mode and … Jurnal Agroteknologi Vol. 13 No. 01 (2019)," vol. 13, no. 01, 2019.

[10] M. Rinoza and F. A. Kurniawan, "Analisa RPN (*Risk Priority Number*) Terhadap Keandalan Komponen Mesin Kompresor *Double Screw* Menggunakan Metode FMEA Di Pabrik Semen PT . XYZ," vol. 17, no. 1, 2021.

[11] N. B. Puspitasari and A. Martanto, "Penggunaan Fmea Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung ATM (Alat Tenun Mesin) (Studi Kasus Pt . Asaputex Jaya Tegal)," pp. 93–98.

[12] A. S. Fajaranie and A. N. Khairi, "Menggunakan Peta Kendali dan Diagram *Fishbone* Di Perusahaan Produsen Mie Kering Semarang , Jawa Tengah Observat Io N Of Dr I Ed N Oodle *Product Packaging Defects With Control Charts And Fishbone Diagrams At A Dry Noodle Producer in* Semarang , Centra L Java," vol. 7, no. 1, pp. 7–13, 2022.

[13] A. Wicaksono, E. D. Priyana, and Y. P. Nugroho, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) Pada Pompa Sentrifugal Di PT . X," vol. 9, no. 1, pp. 177–185, 2023.

[14] H. Prisilia and D. A. Purnomo, "Manajemen Risiko K3 dengan *Metode Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) Untuk Mengidentifikasi Potensi Dan Penyebab Kecelakaan Kerja (Studi Kasus : Tahap II Pembangunan Gedung Laboratorium DLH Banyuwangi)," vol. 17, no. 2, pp. 1–12, 2022.

[15] R. Y. W. Mardhiah Gani1, Aprissa Rian Histiarini2, Asih Ahistasari3, "Analisis Resiko Kebakaran Di Bandara RR Menggunakan Metode FMEA," vol. 9, no. 27, pp. 22–33, 2023.

[16] R. Y. Prasetya, S. Suhermanto, and M. Muryanto, "Implementasi FMEA dalam Menganalisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Berdasarkan RPN," vol. 20, no. 2, pp. 133–138, 2021.

[17] F. R. dan A. J. N. Rahmad Fauzan, Muhammad Fairuz Ardhany, "Pengendalian Kualitas Produk Gula Menggunakan Metode *Failure Mode And Effects Analysis*," vol. 7, no. 2, pp. 6–10, 2024.

[18] M. A. Resatya Oktafitullah SAV, "Analisis Pengendalian Kualitas Dan Identifikasi *Cost Of Quality* Pada Produk Gula," pp. 123–130, 2023.

[19] Y. A. Kusuma, H. A. Khoiri, I. M. A. A, and B. Herlambang, "Quality control to reduce production defects using control chart , fishbone diagram , and FMEA," vol. 11, no. 1, pp. 176–186, 2024, doi: 10.37373/tekno.v11i1.968.

[20] F. Hendra and R. Effendi, "Dan Dampaknya Dengan Menggunakan Pendekatan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)," vol. 12, no. 1, pp. 17–24, 2021.