

**Analisa Terhadap Kegagalan Potensial Pada Proses Produksi Gula SHS
(Superior High Sugar) Menggunakan Metode Six Sigma dan
Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)
dengan Pendekatan Logika Fuzzy**

Nataya Charoonsri Rizani, Andri Bagio, Finia Gusni

Teknik Industri Universitas Trisakti, Jakarta

Email : nataya@trisakti.ac.id, nat_riz@yahoo.com

PG Pangka menghadapi permasalahan kualitas pada produk gula SHS (Superior High Sugar) yang diproduksi dengan tingginya persentase cacat sebesar 7%. Penelitian pengendalian kualitas bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa kualitas variabel dan atribut dan mengidentifikasi penyebab tingginya kecacatan.

Karakteristik kualitas variabel berikut nilai kapabilitas proses yang ditinjau meliputi harga kemurnian nira mentah (0.6750), harga kemurnian gula SHS (0.7145), besar jenis butir gula SHS (0.7062) dan kadar air (0.7752). Nilai DPMO (defect per million opportunity) dari masing-masing variabel berturut-turut adalah 35800, 35600, 232900, 20100 sedangkan level sigma berturut-turut 3.3, 3.3, 2.23, dan 3.55. Karakteristik kualitas atribut berikut nilai kapabilitas proses adalah ukuran butiran kristal kasar (0.7042), ukuran butiran kristal halus (0.7325) dan gula kotor (0.8067). Nilai DPMO dan level sigma adalah 13053.771 dan 3.72. Nilai-nilai tersebut menunjukkan pada kualitas variabel dan atribut kapabilitas proses rendah, level sigma yang rendah serta tingginya DPMO.

Penentuan proses produksi yang akan dilakukan perbaikan menggunakan metode FMEA. Nilai occurrence, severity dan detectability dihitung yang kemudian akan digunakan untuk menghitung nilai RPN (Risk Priority Number). Nilai RPN yang didapat dengan logika Fuzzy akan digunakan untuk menentukan kategori dan peringkat penyebab kegagalan.

Kegagalan terbesar dalam proses produksi adalah ukuran gula yang tidak standar yang disebabkan oleh kesalahan pada proses sebelumnya (FPRN=821) dan terjadinya kerak pada evaporator (FPRN=821).

Keyword : cacat, kualitas variabel, kualitas atribut, kapabilitas proses, level sigma, DPMO, FMEA, FPRN.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Pabrik Gula Pangka (PG Pangka) yang terletak di Kecamatan Pangkah, Kabupaten Tegal, Propinsi Jawa Tengah merupakan perusahaan milik pemerintah yang memproduksi gula pasir SHS (Superior High Sugar) dari bahan utama tanaman tebu dan diolah melalui tahapan-tahapan proses produksi yang cukup kompleks. Permasalahan yang ditemui dari sisi kualitas yang menyebabkan gula yang dihasilkan tidak dapat dijual adalah masih terdapat produk gula pasir yang mengalami kegagalan dalam proses produksi, yaitu berupa gula pasir yang masih kasar dan ukurannya tidak standar serta mempunyai harga kemurnian yang rendah.

1.2 Pokok Permasalahan

Permasalahan utama yang dihadapi adalah perlunya perbaikan kualitas produk gula dan pengurangan kegagalan yang terjadi dalam proses produksi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan

kualitas adalah metode *Six Sigma* dengan tahapan DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control). Pada tahap *analyze-improve* digunakan metode *Fuzzy FMEA* (*Failure Modes and Effect Analysis*).

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kapabilitas proses dan tingkat sigma dari karakteristik kualitas variabel dan atribut yang diamati.
2. Mengidentifikasi jenis kegagalan, efek yang ditimbulkan dari kegagalan yang terjadi dan faktor-faktor penyebab dari kegagalan yang terjadi pada proses produksi gula dan menentukan jenis kegagalan yang harus diprioritaskan.

2. Dasar Teori

2.1 Six-Sigma

Six Sigma adalah sebuah proses bisnis yang membuat perusahaan dapat meningkatkan keuntungan dalam jumlah besar dengan cara merancang dan mengawasi kegiatan bisnis setiap harinya dalam rangka mengurangi cacat dan sumber daya yang digunakan sambil meningkatkan kepuasan konsumen.

Six Sigma adalah suatu target yang ditujukan untuk penerapan pada karakteristik yang kritis terhadap kualitas, bukan terhadap produk secara keseluruhan. Jika sebuah mobil yang digambarkan sebagai “*Six Sigma*”, hal ini tidak berarti hanya 3.4 mobil yang rusak dari satu juta mobil. *Six Sigma* berarti dengan sebuah mobil, rata-rata kesempatan untuk terjadi cacat atas karakteristik yang kritis terhadap kualitas adalah hanya 3.4 cacat per satu juta kesempatan. Dapat dinyatakan bahwa *Six Sigma* adalah rata-rata kesempatan terjadinya cacat pada sebuah produk bukan produknya.

Ada 7 tahap atau langkah dasar dalam menerapkan strategi *Six Sigma*, yaitu Identifikasi (*Recognize*), Definisi (*Define*), Pengukuran (*Measure*), Analisis (*Analyze*), Perbaikan (*Improve*), Kontrol (*Control*), dan Standar (*Standardize*). Yang menjadi inti dari strategi ini adalah tahap Pengukuran-Analisis-Perbaikan-Kontrol. Namun seringkali dalam proyek-proyek *Six Sigma* tahap Definisi dimasukkan dalam inti strategi *Six Sigma*, sehingga tahapannya menjadi Definisi-Pengukuran-Analisis-Perbaikan-Kontrol (DMAIC). DMAIC merupakan proses untuk peningkatan terus menerus menuju target *Six Sigma*. DMAIC dilakukan secara sistematis berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta (*systematic, scientific, fact based*). Tahapan ini merupakan tahapan yang berulang atau membentuk siklus peningkatan kualitas dengan *Six Sigma*. (**Harry et al, 2000**).

1. Define

Meliputi pendefinisian dan pemetaan proses serta menentukan input dan output dari proses. *Define* merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini perlu didefinisikan kriteria pemilihan proyek *Six Sigma*, proses-proses kunci dalam proyek *Six Sigma* beserta pelanggannya, kebutuhan pelanggan, dan pernyataan tujuan proyek *Six Sigma*.

2. Measure

Meliputi penentuan karakteristik yang penting bagi kualitas dan penghitungan biaya akibat kualitas yang buruk. *Measure* adalah langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Hal-hal pokok yang harus dilakukan adalah menentukan karakteristik kunci (*Critical To Quality* atau CTQ) dan mengukur kinerja sekarang (*baseline*).

3. Analyze

Mencakup analisis kemampuan proses untuk menilai apakah prosesnya mampu atau tidak memenuhi target spesifikasi yang telah ditetapkan. Pada tahap ini perlu ditentukan stabilitas dan kapabilitas dari proses, mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan.

4. Improve

Mencakup penentuan faktor-faktor utama penyebab variasi dan pencarian akar penyebab masalah. Setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas teridentifikasi, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma*.

5. Control

Tahap ini untuk memastikan faktor-faktor penyebab variasi terkendali dan tidak terjadi kembali. *Control* merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini, hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan.

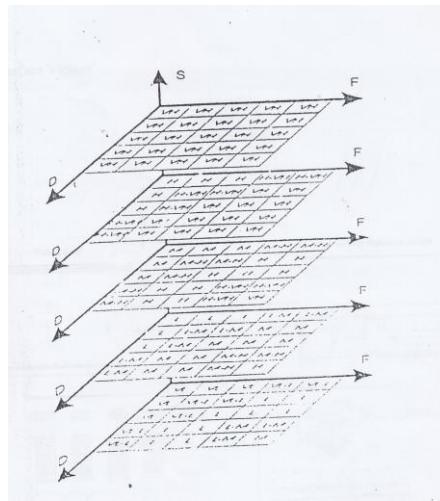
2.2 Fuzzy FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis menggunakan variabel linguistik sebagai input untuk menjelaskan atau mempertimbangkan tiga kriteria (*occurrence*, *detectability*, dan *severity*) dari setiap kegagalan yang terjadi. Evaluasi numerik dari ketiga kriteria ini disamarkan dengan menggunakan fungsi keanggotaan yang menentukan tingkat keanggotaan dalam beberapa pilihan input. Input numerik (*occurrence*, *detectability*, dan *severity*) yang mempunyai range dari 1 - 10 diterjemahkan ke dalam bentuk linguistik, yaitu *Very Low* (VL), *Low* (L), *Moderate* (M), *High* (H), dan *Very High* (VH). Sedangkan output numerik (*Fuzzy Risk Priority Number*) yang mempunyai range dari 1 - 1000 diterjemahkan kedalam bentuk linguistik, yaitu *Very Low* (VL), *Very Low-Low* (VL-L), *Low* (L), *Low-Moderate* (L-M), *Moderate* (M), *Moderate-High* (M-H), *High* (H), *High-Very High* (H-VH), *Very High* (VH).

Logika *fuzzy* menggunakan aturan *fuzzy* (*fuzzy rules*). Peraturan *fuzzy* menggambarkan level kritikalitas dari suatu kesalahan untuk masing-masing kombinasi variabel *input*. Peraturan ini umumnya dirumuskan dalam istilah linguistik, dan dinyatakan dalam bentuk '*If - Then*'. Bagian pertama dari peraturan ini menggambarkan semua kombinasi memungkinkan dari faktor-faktor input. Sebagai contoh, kita dapat mengatakan bahwa kita menguji peraturan yang berhubungan dengan anggapan : Jika *occurrence* (O) Sedang DAN *detection* (D) Sangat Rendah DAN *severity* (S) Tinggi.

Struktur peraturan sistem keputusan tipe : '*if*((D = *Very Low*) dan (F = *Moderate*) dan (S = *High*), lalu (RPN = *High*) ; ini akan berarti jika *occurrence* (O) Sedang DAN *detection* (D) Sangat Rendah DAN *Severity* (S) Tinggi untuk sebab kesalahan, kemudian kategori prioritas resiko harus tinggi. Begitu masing-masing dari tiga variabel *input* dapat diberikan salah satu dari lima kategori atau kelas, terdapat sebanyak 125 peraturan pada penyelesaian untuk menetapkan RPC untuk masing-masing sebab kesalahan yang dianalisa dalam FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Peraturan tersebut ditunjukkan pada gambar 2-1 dalam bentuk grafik tiga dimensi. Masing-masing level (berkaitan pada satu dari lima kategori keparahan) menunjukkan matriks RPC yang berhubungan dengan 25 kombinasi kemungkinan dari kategori *occurrence* (O), *detectability* (D), dan *severity* (S).

Struktur peraturan sistem keputusan tipe : '*if*((D = *Very Low*) dan (F = *Moderate*) dan (S = *High*), lalu (RPN = *High*) ; ini akan berarti jika *occurrence* (O) Sedang DAN *detection* (D) Sangat Rendah DAN *Severity* (S) Tinggi untuk sebab kesalahan, kemudian kategori prioritas resiko harus tinggi. Begitu masing-masing dari tiga variabel *input* dapat diberikan salah satu dari lima kategori atau kelas, maka akan terdapat sebanyak 125 peraturan pada penyelesaian untuk menetapkan RPC untuk masing-masing sebab kesalahan yang dianalisa dalam FMEA (**Javier Puente,2000**)



Gambar 2.1 Matriks Fuzzy FMEA Rules

Setiap bilangan crisp dari severity, occurrence dan detectability diberikan kategori dapat dilihat tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kategori untuk Index Bilangan Crisp S, O, D

Nilai			Kategori
S	O	D	
1	1	1	VL
2,3	2,3	2,3	L
4,5,6	4,5,6	4,5,6	M
7,8	7,8	7,8	H
9,10	9,10	9,10	VH

RPN dihasilkan dengan mengalikan *occurrence*, *severity*, dan *detectability*, sedangkan FRPN diperoleh dari *defuzzifikasi*. Nilai FRPN memiliki 9 kategori dan setiap kategori memiliki kurva dan parameter yang telah ditentukan. Pada tabel 2.2 terlihat parameter fungsi keanggotaan output sedangkan kategori nilai FRPN dengan metode centroid dapat dilihat tabel 2.3

Tabel 2.2 Parameter Fungsi Keanggotaan Variabel Output

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
V-L	Trapesium	[0 0 25 75]
VL-L	segitiga	[25 75 125]
L	segitiga	[75 125 200]
L-M	segitiga	[125 200 300]
M	segitiga	[200 300 400]
M-H	segitiga	[300 400 500]
H	segitiga	[400 500 700]
H-VH	segitiga	[500 700 900]
VH	Trapesium	[700 900 1000 1000]

Tabel 2.2 Kategori untuk Nilai FRPN

Kategori	Class Interval
VL	1-49
VL-L	50-99
L	100-149
L-M	150-249

M	250-349
M-H	350-449
H	450-599
H-VH	600-799
VH	800-1000

3. Hasil

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran kapabilitas proses dan nilai dari DPMO dari karakteristik kualitas yang ditinjau dalam penelitian ini. Karakteristik kualitas yang ditinjau terdiri dari dua yaitu karakteristik kualitas variabel yang terdiri dari harga kemurnian nira mentah, harga kemurnian gula SHS, besar butir gula dan kadar air, sedangkan karakteristik kualitas atribut adalah ukuran butiran kristal kasar, ukuran butiran kristal halus dan gula kotor (krikilan).

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Karakteristik Kualitas

	Karakteristik Kualitas Variabel				Karakteristik Kualitas Atribut		
	HK Nira	HK gula SHS	Besar butir gula	Kadar air	Ukuran butiran kristal kasar	Ukuran butiran kristal halus	Gula kotor (krikilan)
Cp	0.675	0.7145	0.7062	0.7752	0.7042	0.7325	0.8067
DPMO	35800	35600	232900	20100	13053.771		
Level Sigma	3.3	3.3	2.23	3.55	3.72		

Karakteristik kualitas yang mempunyai nilai $C_p < 1$ akan ditelusuri penyebabnya melalui diagram sebab akibat dan dilanjutkan dengan perbaikan proses melalui pembuatan FMEA proses. Proses terdiri dari proses penggilingan, pemurnian, penguapan, kristalisasi, pemutaran, dan penyelesaian. Berdasarkan Proses FMEA dengan penentuan peringkat dan kategori berdasarkan nilai FRPN hasil proses defuzzifikasi ditemukan bahwa jenis kegagalan pada proses adalah terjadinya kerak pada evaporator dan masih banyaknya gula SHS yang mempunyai ukuran yang tidak standar (terlalu kasar dan atau terlalu halus).

Tabel 3.2 Penentuan Peringkat Masalah Berdasarkan Nilai FRPN

No.	Fungsi Proses	Jenis Kegagalan Proses	S	O	D	RPN	Kategori	FRPN(OSD)	Kategori (OSD)	Peringkat (OSD)
1	Proses Penguapan	Terjadinya kerak pada evaporator	5	8	4	160	L-M	821	VH	1
2	Proses penyelesaian	Masih banyaknya gula SHS yang mempunyai ukuran yang tidak standar (terlalu kasar dan/ atau terlalu halus)	8	7	10	560	H	821	VH	1

4. Kesimpulan

1. Berdasarkan nilai dari kapabilitas proses untuk karakteristik kualitas variabel dan atribut perlu dilakukan perbaikan terhadap proses pembuatan.
2. Jenis kegagalan efek yang ditimbulkan dan faktor-faktor penyebab kegagalan yang paling berpengaruh pada proses produksi gula pasir adalah :
 - Pada proses penguapan, jenis kegagalan yang terjadi adalah terjadinya kerak pada evaporator, efek yang ditimbulkan adalah menghambat proses pemanasan dan penguapan nira. Penyebab kegagalan adalah kurangnya perawatan dan pemeliharaan terhadap evaporator.

- Proses penyelesaian, jenis kegagalan masih banyaknya gula SHS yang mempunyai ukuran yang tidak standar. Efek yang ditimbulkan adalah ukuran butiran kristal yang bervariasi dan tidak dapat menjadi gula produk
3. Prioritas penyelesaian permasalahan dilihat dari nilai FRPN adalah perbaikan untuk mengatasi jenis kegagalan masih banyaknya gula SHS yang mempunyai ukuran tidak standar dan terjadinya kerak pada evaporator.

5. Daftar Pustaka

1. Harry, Mikel and Richard Schroeder.2000. *Six Sigma : The Breaking Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. New York: Doubleday
2. Javier Puente, Raul Pino, Paolo Priore, and David de la Fuente.2002. *'A Decision Support System for Applying Failure Mode and Effect Analysis*. Spain : The International Journal of Quality and Reliability Management. ABI/INFORM Research