

Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Statistik Multivariat Proses Produksi Gula Kristal Putih GKP

Putri Agustina Sri Rejeki^{1*}, Dr. Naniek Utami Handayani, S.Si., M.T.²

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, 50275, Indonesia
²Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, 50275, Indonesia
Email: putriagustina750@students.undip.ac.id¹, naniekh@live.undip.ac.id

Abstrak

Persaingan dalam dunia industri saat ini semakin meningkat pesat. Industri dalam negeri tidak hanya bersaing dengan sesama produk lokal namun juga dengan produk impor yang masuk ke Indonesia. Karena persaingan yang semakin luas, setiap perusahaan termasuk industri gula juga harus selalu menjaga dan meningkatkan kualitasnya. Pabrik Gula Trangkil merupakan salah satu unit pabrik gula yang berada di bawah naungan PT Kebon Agung. PT Kebon Agung berlokasi di Desa Trangkil, Kecamatan Trangkil, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Produk utama yang dihasilkan PG Trangkil adalah Gula Kristal Putih (GKP). Hasil produksi gula di PG Trangkil tidak selalu menghasilkan gula yang sesuai dengan spesifikasi SNI Gula 3140.3:2010. Hal ini disebabkan adanya faktor-faktor yang dapat menyebabkan penurunan kualitas produksi gula. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengendalian kualitas proses produksi dengan menganalisis kemampuan multivariat proses produksi gula apakah proses yang dilakukan PG Trangkil sudah cukup memenuhi keinginan pelanggan. Selain itu penelitian ini juga memberikan saran dan rekomendasi perbaikan dari identifikasi penyebab permasalahan agar proses produksi gula lebih mumpuni dan hasil produksi dapat sesuai dengan SNI gula.

Kata kunci: kontrol kualitas, proses kapabilitas, *multivariat*, *T²Hotelling*

Abstract

Competition in the industrial world is currently increasing rapidly. The domestic industry does not only compete with fellow local products but also imported products that come to Indonesia. Due to the increasingly widespread competition, every company including the sugar industry must also always maintain and improve its quality. Trangkil Sugar Factory is one of the sugar factory units under the auspices of PT Kebon Agung. PT Kebon Agung is located in Trangkil Village, Trangkil District, Pati Regency, Central Java. The main product produced by PG Trangkil is White Crystal Sugar (GKP). The results of sugar production at PG Trangkil do not always produce sugar that is in accordance with the specifications of SNI Sugar 3140.3:2010. This is due to factors that can cause a decrease in the quality of sugar production. This study aims to control the quality of the production process by analyzing the multivariate capability of the sugar production process whether the process carried out by PG Trangkil is sufficient to meet customer desires. In addition, this study also provides suggestions and recommendations for improvement from the identification of the causes of problems so that the sugar production process is more capable and the production results can be in accordance with the SNI for sugar.

Keywords: *quality control, capacity process, multivariat, T²Hotelling*

1. Pendahuluan

Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok yang merupakan sumber kalori bagi tubuh sehingga mutu gula menjadi sangat penting bagi perusahaan. Agar menjadi pilihan konsumen, diperlukan peningkatan mutu dari gula tersebut. Produk yang baik adalah yang dapat memenuhi dan memuaskan kebutuhan konsumen. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis mengenai proses pembuatan produk apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan dengan memperhatikan kebutuhan konsumen. Analisis ini dapat disebut analisis kapabilitas proses. Kapabilitas proses adalah kemampuan suatu proses untuk menghasilkan suatu produk/ jasa yang sesuai dengan kebutuhan / syarat dari konsumen atau spesifikasi yang diharapkan.

Analisis kemampuan proses merupakan bagian penting dalam peningkatan kualitas karena proses adalah salah satu yang berpengaruh terhadap kualitas produk. Selain itu kapabilitas proses juga dapat memberikan informasi mengenai variabilitas dalam proses. Sebelum menganalisis kapabilitas proses perlu dilakukan pengecekan apakah proses produksi telah terkendali dengan menggunakan peta kendali.

Gula yang dihasilkan dari proses produksi tidak selalu menghasilkan gula yang memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan oleh Pabrik Gula. Oleh karena itu, perlunya dilakukan pengendalian kualitas agar kualitas mutu dari gula yang dihasilkan selama proses produksi tetap terjaga.

^{1*} Penulis korespondensi

Pabrik Gula Trangkil merupakan salah satu unit pabrik gula di bawah naungan PT Kebon Agung. PT Kebon Agung berada di Desa Trangkil, Kecamatan Trangkil, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Produk utama Proses produksi gula di PG Trangkil terdiri dari 6 stasiun antara lain stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun masakan, stasiun puteran, dan stasiun penyelesaian. Dalam proses produksi gula, ditambahkan bahan tambahan seperti larutan susu kapur, gas SO₂, asam *phosfat*, *floculan*, air imbibisi, dan bahan tambahan lain untuk membantu proses produksi di setiap stasiun.

Produksi gula pada Pabrik Gula Trangkil pada tahun 2020 dilakukan pada bulan Mei sampai September. Penentuan masa giling ini dilakukan dengan analisis masa giling dengan melakukan giling contoh pada awal tahun. Rata-rata gula yang dihasilkan pada masa giling tahun 2020 adalah sebanyak 14.341,84 ton. Atribut kualitas gula yang dihasilkan terdiri atas ICUMSA (Warna Larutan), KA (Kadar Air) atau biasa disebut Susut Pengerangan, dan kadar SO₂. Gula yang dihasilkan dari proses produksi tidak selalu menghasilkan gula yang memenuhi batas spesifikasi (SNI). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian kualitas agar kualitas mutu dari gula yang dihasilkan selama proses produksi tetap terjaga. Salah satu metode pengendalian kualitas yang dapat digunakan untuk memberi informasi dengan keempat karakteristik kualitas tersebut adalah pengendalian kualitas secara multivariat yaitu dengan menggunakan peta kendali *Improved Generalized Variance* dan *T2 Hotelling*. Peta kendali *Improved Generalized Variances* digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses. Peta kendali *T2 Hotelling* adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengontrol suatu proses produksi dan mengendalikan *vector* rata-rata dari proses multivariat. Selain menganalisis kapabilitas proses, pada penelitian ini dilakukan analisis faktor yang mempengaruhi kualitas gula baik dari bahan baku atau dari proses produksi. Dengan adanya laporan ini diharapkan dapat dijadikan bahan evaluasi bagi perusahaan tentang proses produksi gula dan sebagai analisis *Quality Control* Gula Kristal Putih sehingga dapat meningkatkan kualitas gula.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada PT Kebon Agung Unit PG Trangkil, Kecamatan Trangkil, Kabupaten Pati pada tanggal 4 Januari 2021-5 Februari 2021. Responden penelitian ini adalah Kepala dan *staff* Bagian Produksi dan *Quality Control*. Jenis data pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari dokumentasi perusahaan, website perusahaan, jurnal, tugas akhir, dan literatur lainnya. Fokus kajian pada penelitian ini adalah pengendalian kualitas proses produksi Gula Kristal Putih (GKP) dengan statistic multivariat melalui pendekatan analisis kapabilitas proses dan analisis penyebab permasalahan dengan menggunakan fishbone dan FMEA. Fishbone dan FMEA digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dari permasalahan yang

ada. Pada FMEA tiap faktor penyebab akan diukur berdasarkan nilai RPN sehingga dapat diketahui faktor penyebab paling berpengaruh terhadap produksi gula.

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan pengumpulan data maka didapatkan hasil penelitian sebagai berikut.

3.1 Karakteristik Mutu Produksi PG Trangkil Tahun 2020

Karakteristik data yang dianalisis adalah pengendalian mutu GKP (Gula Kristal Putih) tahun 2020 di PT Kebon Agung Unit PG Trangkil dengan menggunakan 3 karakteristik kualitas yaitu ICUMSA (Warna Larutan), Kadar Air (Susut Pengerangan), dan Kadar SO₂. Hasil Analisis karakteristik data pengendalian mutu pada bulan Juli dan Agustus 2020 dengan menggunakan data pada Lampiran 1 dan Lampiran 2 adalah sebagai berikut beserta spesifikasinya menurut SNI 3140.3: 2010.

Tabel 1. Karakteristik Mutu Gula

Bulan	Variabel	Rata-rata	Min.	Maks.	Spesifikasi
Juli	ICUMSA (IU)	297,13 IU	201 IU	300 IU	201-300 IU
	KA	0,06 %	0,00 %	0,1 %	Maks. 0,1%
	SO ₂	16,75 mg/kg	0 mg/kg	30 mg/kg	Maks.30 mg/kg
Agustuss	ICUMSA (IU)	269,73 IU	201 IU	300IU	201-300 IU
	KA	0,05 %	0,00 %	0,1 %	Maks. 0,1 %
	SO ₂	15,56 mg/kg	0 mg/kg	30 mg/kg	Maks. 30 mg/kg

Tabel diatas menunjukkan hasil karakteristik data pengendalian mutu produk gula di PG Trangkil dengan rata rata ICUMSA (Warna Larutan) pada bulan Juli sebesar 297,13 jika dibandingkan dengan Bulan Agustus sebesar 269,73 mengalami penurunan namun kedua nilainya masih berada di dalam batas spesifikasi menurut SNI yaitu 201-300. Karakteristik kedua yang diamati adalah susut pengerangan yang memiliki rata-rata 0,05% yang lebih rendah dari Bulan Juli sebesar 0,06% namun masih berada di batas spesifikasi yaitu maksimal 0,1%. Karakteristik kualitas ketiga adalah kadar SO₂ pada bulan Juli sebesar 16,75 mengalami penurunan menjadi 15,56 pada bulan Agustus namun masih berada pada batas spesifikasi yaitu maksimal 30. Namun jika dilihat dari pengendalian mutu tiap harinya masih ada karakteristik kualitas yang melebihi batas spesifikasi sehingga perlu dilakukan analisis.

3.2 Pengendalian Asumsi Multivariat Mutu PG Trangkil Tahun 2020

a. Uji Normalitas

Salah satu syarat perhitungan indeks kapabilitas adalah datanya harus berdistribusi

normal, maka dilakukan pemeriksaan asumsi Distribusi Normal Multivariat Mutu PG Trangkil sebagai berikut.

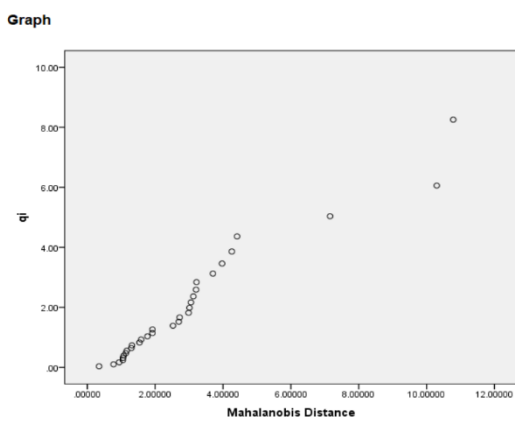
Ho : Data karakteristik kualitas mutu di Pabrik Gula Trangkil memenuhi asumsi normal multivariat

H1 : Data karakteristik kualitas mutu di Pabrik Gula Trangkil tidak memenuhi asumsi normal multivariat

Daerah Kritis : setidaknya 50% *scatter plot* membentuk garis linear

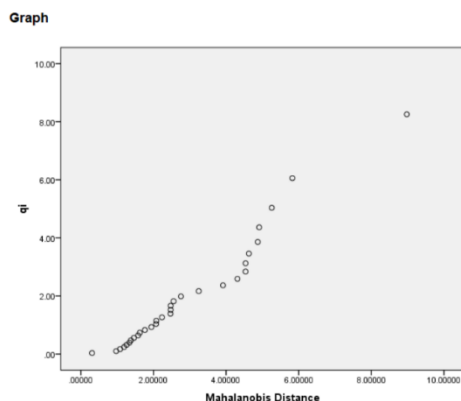
Perhitungan: dilakukan menggunakan *software* SPSS

Berikut *output* pengujian normalitas multivariat data Bulan Juli dengan SPSS



Gambar 1. *Scatter plot* Data Bulan Juli

Dari *scatter plot* secara visual dapat dilihat bahwa setidaknya 50% data membentuk garis lurus maka terdapat korelasi yang signifikan dan dapat disimpulkan bahwa Data karakteristik kualitas mutu di Pabrik Gula Trangkil pada Bulan Juli memenuhi asumsi normal multivariat. Berikut merupakan *output* pengujian asumsi normalitas multivariat pada data Bulan Agustus.



Gambar 2. *Scatter plot* Data Bulan Agustus

Dari *scatter plot* secara visual dapat dilihat bahwa setidaknya 50% data membentuk pola linear. dan dapat disimpulkan bahwa Data karakteristik kualitas mutu di Pabrik Gula Trangkil pada Bulan Agustus memenuhi asumsi normal multivariat.

b. Uji Homogenitas Varians Kovarians

Setelah data memenuhi asumsi distribusi normal maka asumsi yang harus dipenuhi selanjutnya adalah homogenitas varians kovarian dengan uji Box's M. berikut adalah hasilnya.

Ho: $\Sigma_1 = \Sigma_2$ (Varians kovarians pada bulan Juli dan Agustus sama)

H1: $\Sigma_1 \neq \Sigma_2$ (Varians kovarians pada bulan Juli dan Agustus tidak sama)

Daerah kritis : Sig<0,05

Perhitungan: (menggunakan *software* SPSS)

Berikut merupakan *output* pengujian homogenitas varians kovarian mutu PG Trangkil

Test Results	
Box's M	15.181
F	Approx. 2.393
	df1 6
	df2 26083.019
	Sig. .026

Tests null hypothesis of equal

population covariance matrices.

Gambar 3. *Output* Pengujian Homogenitas Varians Kovarians

Berdasarkan *output* uji Box's M diatas dapat dilihat bahwa nilai signifikansi sebesar 0,026 maka lebih kecil dari 0,05 sehingga Tolak Ho sehingga varians kovarians data mutu gula pada bulan juli tidak sama dengan bulan Agustus sehingga tidak terdapat hubungan antara kedua bulan tersebut.

c. Uji Independensi Mutu PG Trangkil

Uji Independensi dilakukan untuk menganalisis apakah data memenuhi asumsi independensi atau data saling dependen. Berikut merupakan hasil pengujian Independensi dengan Uji *Bartlett* dengan *software* SPSS.

Ho: $\rho = 1$ (Variabel-variabel tidak berkorelasi atau saling independent)

Ho: $\rho \neq 1$ (Variabel-variabel berkorelasi atau saling dependen)

Daerah kritis :

$X^2_{hitung} > X^2(\alpha, df)$ $df = k-1 = 3-1 = 2$

$X^2_{hitung} > 5,99$

Sig. < 0,05

Perhitungan: (menggunakan *software* SPSS)

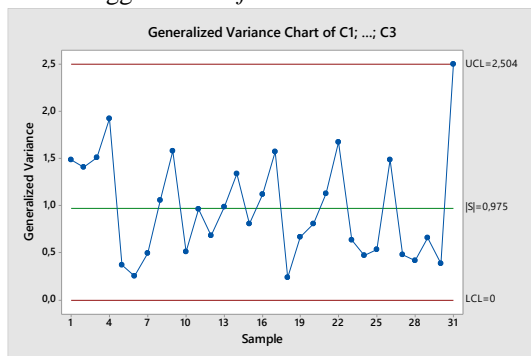
KMO and Bartlett's Test	
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	.534
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square 9.015
	df 3
	Sig. .029

Gambar 4. *Output* Uji Bartlett

Berdasarkan *output* pengujian Independensi diatas dapat dilihat bahwa nilai KMO 0,534 > 0,5 yang berarti bahwa jumlah sampel sudah cukup. Lalu untuk data X^2 hitung didapatkan hasil 9,015 sehingga lebih dari $X^2 (\alpha, df)$ dan nilai Sig. $0,029 < 0,05$ sehingga Tolak H_0 dan dapat disimpulkan bahwa variabel atau karakteristik kualitas di PG Trangkil berkorelasi atau dependen.

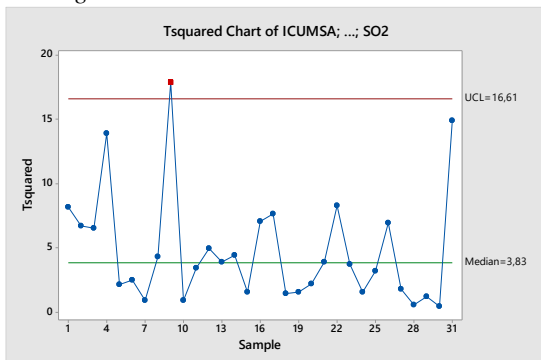
3.3 Analisis Kapabilitas Mutu Gula Pada Bulan Juli

Setelah memenuhi asumsi yang sudah dijelaskan diatas, Langkah selanjutnya adalah menganalisis pengendalian varians proses menggunakan peta kendali *Generalized Variance* dan T^2 *Hotelling*. Peta kendali *Generalized Variance* digunakan untuk menganalisis pengendalian varians proses. Berikut adalah hasil analisis mutu gula berdasarkan varians proses menggunakan *software* minitab.



Gambar 5. Peta Kendali *Generalized Variance* Bulan Juli

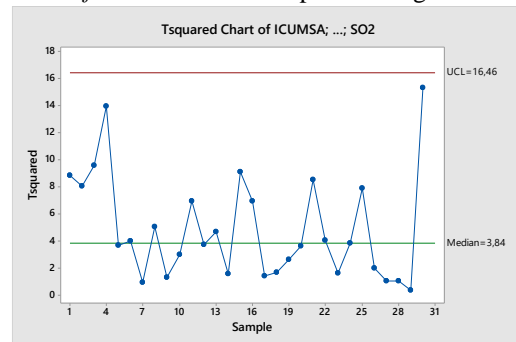
Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* minitab dengan UCL 2,504 dan LCL 0, dilihat bahwa tidak ada data yang *out of control* sehingga varians proses mutu gula sudah terkendali secara statistik pada Bulan Juli. Selain peta kendali *Generalized variance*, untuk menganalisis kapabilitas mutu juga dapat menggunakan peta kendali T^2 *Hotelling*.



Gambar 6. Peta Kendali T^2 *Hotelling* Bulan Juli

Gambar 6. menunjukkan bahwa nilai secara *horizontal* merupakan banyaknya data, sedangkan nilai secara *vertical* merupakan plot peta kendali T^2 *Hotelling* sesuai perhitungan. Nilai UCL adalah batas kendali atas sebesar 16,61 dan LCL adalah batas

kendali bawah sebesar 0 dengan median 3,83. Berdasarkan peta kendali diatas terdapat 1 pengamatan yang *out of control* yaitu pada sample ke 9. Nilai *out of control* tersebut menunjukkan bahwa proses pengendalian mutu belum terkendali secara statistik. Selanjutnya setelah diketahui penyebabnya dan tidak memungkinkan dilakukan perbaikan maka data *out of control* tersebut dapat dihilangkan.

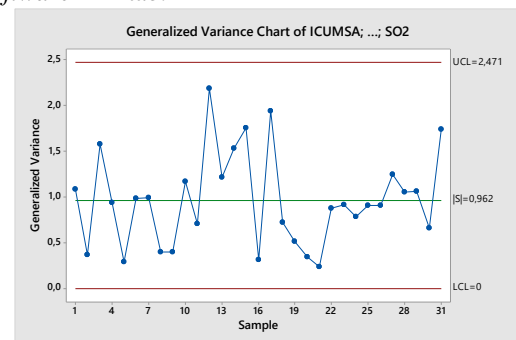


Gambar 7. Peta Kendali T^2 *Hotelling* Bulan Juli Iterasi 1

Berdasarkan gambar 7. dilihat bahwa sudah tidak ada data yang *out of control*. Hal ini menunjukkan bahwa *mean* proses pengendalian mutu gula sudah terkendali secara statistik.

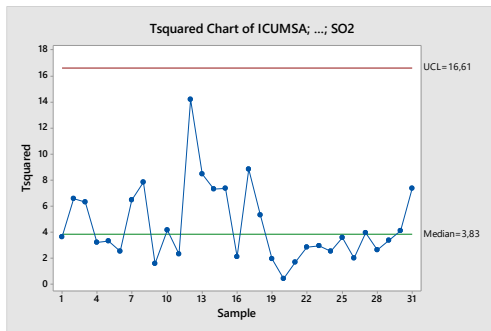
3.4 Analisis Kapabilitas Mutu Gula Pada Bulan Agustus

Pengendalian kualitas menggunakan peta kendali *Generalized Variance* dan T^2 *Hotelling* juga dilakukan untuk bulan Agustus. Berikut *output* dari *software* minitab.



Gambar 8. Peta Kendali *Generalized Variance* Bulan Juli

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* minitab dengan UCL 2,471 dan LCL 0, dilihat bahwa tidak ada data yang *out of control* sehingga varians proses mutu gula sudah terkendali secara statistik pada Bulan Agustus. Selain peta kendali *Generalized Variances*, untuk menganalisis kapabilitas mutu juga dapat menggunakan peta kendali T^2 *Hotelling*.



Gambar 9. Peta Kendali T2 *Hotelling* Bulan Agustus

Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai secara *horizontal* merupakan banyaknya data, sedangkan nilai secara *vertical* merupakan plot peta kendali T² *Hotelling* sesuai perhitungan. Nilai UCL adalah batas kendali atas sebesar 16,61 dan LCL adalah batas kendali bawah sebesar 0 dengan median 3,83. Berdasarkan peta kendali diatas tidak terdapat data yang *out of control* sehingga dikatakan bahwa *mean* proses produksi gula Bulan Agustus sudah terkendali secara statistik. Selanjutnya menentukan indeks kapabilitas proses pengendalian mutu.

3.5 Penentuan Indeks Kapabilitas Mutu PG Trangkil

Penentuan indeks kapabilitas proses dengan menggunakan perhitungan *manual* dan *software* seperti dibawah ini. Indeks kapabilitas dilakukan dengan melihat nilai Cp dan Cpk.

Tabel 2. Rekap Perhitungan Kapabilitas Proses Bulan Juli

	Bobot	Cp	Cpk
ICUMSA	0,333	0,320	-0,044
KA	0,333	1,804	1,440
SO ₂	0,333	1,472	1,254

Setelah dilakukan perhitungan Cp dan Cpk maka dilakukan perhitungan indeks kapabilitas multivariat seperti di bawah ini

$$MCp = (0,333*0,32) + (0,333*1,804) + (0,333*1,472) = 1,1975$$

$$MCpk = (0,333*-0,044) + (0,333*1,440) + (0,333*1,254) = 0,8824$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai MCp yang lebih dari 1 maka proses produksi Bulan Juli sudah berada pada batas spesifikasi yang ditentukan. Sedangkan nilai Cpk yang kurang dari 1 menunjukkan bahwa ada beberapa proses yang masih belum memenuhi target yang diharapkan sehingga perlu memerlukan *improvement*. Selanjutnya juga dilakukan perhitungan indeks kapabilitas proses untuk bulan Agustus. Berikut adalah rekap perhitungannya.

Tabel 3. Rekap Perhitungan Kapabilitas Proses Bulan Agustus

Variabel	Bobot	Cp	Cpk
ICUMSA	0,333	0,428	0,066
KA	0,333	1,709	1,511
SO ₂	0,333	2,281	1,994

Setelah dilakukan perhitungan Cp dan Cpk maka dilakukan perhitungan indeks kapabilitas multivariat seperti di bawah ini

$$MCp = (0,333*0,428) + (0,333*1,709) + (0,333*2,281) = 1,4712$$

$$MCpk = (0,333*0,066) + (0,333*1,511) + (0,333*1,994) = 1,1891$$

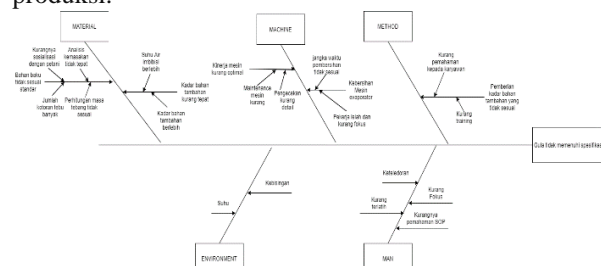
Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai MCp dan MCpk lebih dari 1 maka proses produksi pada Bulan Agustus menunjukkan sudah berada pada batas spesifikasi yang ditentukan dan sudah memenuhi target yang diharapkan. Namun dapat dilihat bahwa perusahaan sudah berusaha untuk meningkatkan kualitasnya dari bulan sebelumnya.

3.6 Analisis Kapabilitas Proses

Data yang didapat adalah dari *Quality Control* mengenai analisis kualitas gula kristal putih selama bulan Juli dan Agustus 2020 per harinya. Dari data tersebut dilakukan perhitungan analisis kapabilitas untuk mengetahui apakah proses yang dilakukan sudah kapabel dalam memenuhi spesifikasi yang ada. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil bahwa nilai MCp lebih dari 1 dan MCpk kurang dari 1 sehingga proses pada Bulan Juli sudah memenuhi batas spesifikasi namun masih ada yang tidak sesuai target yang diinginkan. Pada Bulan Agustus terjadi peningkatan kualitas proses ditunjukkan dengan hasil perhitungan kapabilitas proses dimana nilai MCp dan MCpk lebih dari 1 artinya pada Bulan Agustus proses yang dilakukan sudah cukup memenuhi batas spesifikasi dan target yang ada. Adapun spesifikasi yang digunakan di PG trangkil ini adalah sesuai SNI 3140.3-2010. Untuk mengetahui penyebab mengapa proses tidak kapabel dan hasil proses setiap harinya mengalami naik turun, maka dilakukan analisis penyebab. Penyebab yang mungkin mempengaruhi antara lain dari segi bahan baku, kemampuan mesin, dan *human error*.

3.7 Analisis Penyebab Ketidaksesuaian Produksi

Diagram *Ishikawa* atau tulang ikan digunakan untuk mengetahui penyebab ketidaksesuaian proses yang digambarkan dalam bentuk diagram tulang ikan. Berikut adalah *fishbone* penyebab ketidaksesuaian produksi.



Gambar 10. Diagram *Fishbone*

1. Method

Method (metode) adalah cara atau teknik untuk melakukan suatu kegiatan dalam hal ini adalah produksi. Metode yang mempengaruhi kualitas gula di PG Trangkil adalah pada saat pemberian bahan tambahan. Pemberian bahan tambahan seperti susu kapur, Asam *Phospat*, Gas SO₂, dan *Floculan* dapat mempengaruhi hasil dari Gula Kristal Putih. Seperti penambahan susu kapur, Asam *Phospat*, Gas SO₂, dan *Floculan* dapat mempengaruhi warna larutan (ICUMSA). Kurangnya pemahaman karyawan dan kurangnya pelatihan terhadap karyawan adalah penyebab dari ketidaktepatan pemberian kadar bahan tambahan.

2. Machine

Untuk kinerja mesin yang digunakan, seperti di *evaporator*, *evaporator* memiliki tujuan untuk menguapkan kadar air berlebihan pada nira, sesuai dengan teori dari Soejardi (1975) nira yang telah melalui proses pemurnian masih mengandung air. Proses penguapan ini dilakukan beberapa kali dengan suhu dan tekanan yang berbeda-beda. Proses evaporasi pada umumnya bertingkat, semakin akhir proses evaporasi suhu yang digunakan akan semakin tinggi dan tekanannya lebih rendah selama proses penguapan panas laten akan mengalami perpindahan dari bejana *evaporator* ke produk (nira encer), sehingga suhu produk dapat mencapai titik didihnya (panas *sensible*), tekanan uap air akan meningkat sehingga membentuk gelembung dari uap pada cairan yang dan kemudian uap tersebut akan menjadi uap yang menguap dari permukaan produk (Fellows, 1990). Namun keefektifan mesin yang digunakan juga bergantung pada proses perawatan yang digunakan, seperti jangka waktu pembersihan yang harus dilakukan sesuai dengan nomor yang ada pada mesin *evaporator* dikarenakan viskositas nira yang ada pada bejana *evaporator* 1 – 5 berbeda – beda. Semakin jauh bejana *evaporator* nira yang ada didalamnya semakin kental sehingga kerak yang terbentuk pada pipa – pipa bejana *evaporator* akan cepat menebal. Kerak-kerak yang terbentuk dapat mempengaruhi warna larutan, dikarenakan kerak-kerak tersebut dapat luntur bersama dengan larutan nira. Proses perawatan juga dapat mempengaruhi kinerja penguapan dimana penguapan yang tidak maksimal dapat mempengaruhi kadar air pada nira dan hasil akhirnya. Selain proses perawatan, umur

dari mesin yang digunakan dapat mempengaruhi hasil akhir produk gula.

3. Material

Material atau bahan baku dari gula adalah tebu. PG Trangkil menggunakan Sebagian besar tebu petani. Dan sebelum masa giling, dilakukan giling contoh untuk melakukan Analisa kemasakan tebu. Jika Analisa kurang tepat atau perhitungan masa tebang kurang tepat maka akan menyebabkan tingkat kemasakan tebu yang kurang sempurna. Selain itu, sering kali petani mengirimkan tebu yang banyak kotorannya. Kotoran tebu meliputi sogolan, pucukan, akar, tanah, dan debu.

Dalam produksi gula, juga diperlukan bahan tambahan seperti susu kapur, air imbibisi, Asam *Phospat*, Gas SO₂, dan *Floculan*. Penambahan air imbibisi bila berlebihan akan menambah jumlah air terikat sehingga kadar air dalam nira akan meningkat dan waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan juga akan semakin lama, semakin lama penguapan akan semakin merusak sukrosa dimana menurut de Man (1997), sukrosa tidak tahan pada suhu yang tinggi sehingga akan terjadi proses karamelisasi yang biasanya warna dari larutan gula akan semakin gelap, kemudian apabila kekurangan air pada saat proses di stasiun puteran dapat mempengaruhi berat jenis butir. Apabila proses di mesin puteran berjalan sesuai dengan semestinya, gula kristal yang dihasilkan pun dapat sesuai dengan standar yang ada.

4. Man

Dari faktor manusia, penyebab utamanya adalah human eror seperti keteledoran pekerja, kurang fokus, kurang terlatih, dan kurang pemahaman tentang SOP yang ada. Kondisi ini juga berhubungan dengan faktor *environment* (lingkungan).

5. Environment

Faktor lingkungan akan mempengaruhi kinerja dari karyawan seperti suhu di lantai produksi yang terlalu panas atau adanya kebisingan secara tidak langsung akan membuat karyawan kurang fokus dan mudah kelelahan.

3.8 Analisis FMEA

Setelah melakukan analisis penyebab kesalahan, selanjutnya adalah memberikan rekomendasi perbaikan. Adapun *tools* yang digunakan adalah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

Tabel 4. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Proses	Mode kegagalan potensial	Akibat potensial dan kegagalan	S	Penyebab potensi kegagalan	O	Metode deteksi	D	RPN	Tindakan yang direkomendasikan
Maintenance	Kinerja <i>evaporator</i> tidak maksimal	Kadar air terlalu tinggi	7	Maintenance atau perawatan alat yang kurang	3	Visual	7	147	- <i>Monitoring</i> menyeluruh ketika <i>maintenance</i> mesin - Pemilihan tenaga kerja yang ahli dalam <i>maintenance</i> mesin
	Setting renggangan gilingan tidak pas	Nira yang dihasilkan tidak maksimal	8	Human error (pekerja kurang pelatihan)	4	Visual	7	224	- Peningkatan pemahaman SOP dan <i>setting</i> renggangan kepada karyawan

Tabel 4. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) (lanjutan)

Proses	Mode kegagalan potensial	Akibat potensial dan kegagalan	S	Penyebab potensi kegagalan	O	Metode deteksi	D	RPN	Tindakan yang direkomendasikan
Pembersihan Mesin	Kerak masih menempel	Warna larutan lebih gelap	8	Human error (pembersihan mesin kurang optimal, masih ada kerak yang terlewat)	5	Visual	6	240	- Pengecekan kebersihan mesin sebelum produksi
	Air imbibisi terlalu banyak	Kadar air dalam nira meningkat	8	Human error (pekerja kurang fokus)	7	Visual	7	392	- Pemberian perintah yang jelas dan tepat sesuai kondisi yang ada - Peningkatan <i>skill</i> dengan pelatihan
Pemberian Bahan Tambahan	Air imbibisi terlalu sedikit	Berat jenis gula semakin kecil	6	Human error (pekerja kurang fokus)	6	Visual	7	252	- Pemberian perintah yang jelas dan tepat sesuai kondisi yang ada - Peningkatan <i>skill</i> dengan pelatihan
	Penguapan terlalu lama	Merusak sukrosa	8	Air imbibisi terlalu banyak	7	Visual	7	392	- <i>Monitoring</i> secara berkala - Pemberian arahan yang jelas dari manager
Analisis tebu sebelum masuk gilingan	Terjadi human eror (kurang teliti dalam memilih tebu layak giling)	Tebu yang digiling tidak sesuai standar	9	Pendataan tebu yang akan masuk gilingan kurang detail	8	Visual	8	576	- Sosialisasi kepada petani - Pembinaan petani agar tebu dapat sesuai standar - Pendataan varietas tebu sebelum masuk gilingan oleh pihak tanaman.
Penerimaan tebu dari petani	Tingkat kemasakan tebu kurang	Mempengaruhi warna larutan, kadar air, dan kadar sukrosa	8	Ketelitian di pos penerimaan tebu	7	Visual	7	392	- SOP penerimaan tebu - <i>Monitoring</i> pos penerimaan tebu - Pemasangan cctv di pos penerimaan di beberapa titik - Pengecekan secara menyeluruh

3.9 Analisis Rekomendasi Perbaikan

Setelah dilakukan analisis penyebab maka dilanjutkan dengan pemberian rekomendasi perbaikan berupa SOP pengawasan yang diperketat laporan daftar varietas tebu oleh bagian litbang, serta pemberlakuan *reward* dan *punishment* serta pemberian jam istirahat yang cukup bagi karyawan. Sosialisasi dan pembinaan kepada petani dapat dilakukan dengan pemberian ketentuan tebu yang baik yang dikenal dengan MSB (Manis, Segar, Bersih). Lalu perusahaan juga direkomendasikan untuk melakukan pemilahan dan pencatatan tebu yang akan digiling karena hal tersebut akan mempengaruhi produksi tebu seperti varietas tertentu akan menghasilkan warna larutan yang berbeda. Rekomendasi perbaikan yang ketiga adalah pemberian waktu istirahat yang cukup agar pekerja tetap focus serta pemberian *reward* dan *punishment*.

4. Kesimpulan

Hasil evaluasi pada proses produksi Gula Kristal Putih di PG Trangkil menunjukkan bahwa proses

produksi pada bulan Juli dan Agustus sudah berada pada batas spesifikasi namun ada beberapa yang belum memenuhi target. Namun dari hasil analisis kapabilitas proses menunjukkan bahwa perusahaan sudah berusaha untuk meningkatkan kualitasnya dari bulan sebelumnya. Dari permasalahan tersebut diidentifikasi faktor penyebabnya dengan menggunakan diagram sebab akibat dan dihasilkan 5 faktor dari segi *man*, *method*, *machine*, *material*, dan *environment*. Dari faktor manusia penyebab utamanya adalah *human error* terutama karena pekerja tidak fokus dan kelelahan. Segi *method* yaitu adanya ketidaktepatan pemberian kadar bahan tambahan seperti susu kapur, asam fospat, dll. Kinerja mesin dan kebersihan mesin yang kurang optimal juga mempengaruhi hasil produksi gula. Faktor lainnya adalah *material* (tebu) yang kurang baik dan tidak sesuai standar perusahaan akan mempengaruhi kualitas gula, lalu ada *environment* yang tergolong panas, dan bising sehingga dapat mempengaruhi fokus pekerja. dari penyebab tersebut diberikan

rekomendasi perbaikan bagi perusahaan untuk meningkatkan hasil produksinya.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu penelitian ini yaitu pembimbing lapangan saya dan kepala bagian *quality control* PT Kebon Agung Unit PG Trangkil yang senantiasa membantu dalam memberikan informasi dan data untuk penelitian ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing saya Dr. Naniek Utami Handayani, S.Si., M.T. serta teman-teman saya yang senantiasa mendukung saya.

6. Daftar Pustaka

Arum, I. (2017). *Analisis Kapabilitas Mutu Di Pabrik Gula Tjoekir Jombang Periode Giling Tahun 2016*.

Bianti, G. N., & Retnaningsih, S. M. (2016). Analisis Kapabilitas Proses Produk Transformator Hermetically Sealed 100 kVA di PT. "X." *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 5(2), 384–389.

Bloom, N., & Reenen, J. Van. (2013). 濟無No Title No Title No Title. *NBER Working Papers*,

12(September), 89.
<http://www.nber.org/papers/w16019>

Hadi, J. N. (2018). *Analisa Kualitas Gula Kristal Putih Di Pabrik Gula Rejo Agung Baru Madiun*. 1–34.
[http://repository.unika.ac.id/18440/1/KP15.I1.0078_Joyce Nathania Hadi.pdf](http://repository.unika.ac.id/18440/1/KP15.I1.0078_Joyce%20Nathania%20Hadi.pdf)

Nashrunisa, D. (2015). *Analisis Pengendalian Kualitas Ampas Tebu Di Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri Menggunakan Diagram Kontrol MEWMV Dan MEWMA*. 88.
<http://repository.its.ac.id/59983/>

Pratiwi, Z. I., & Aksioma, D. F. (2019). Pengendalian Kualitas Multivariat Pada Produksi Rokok "W" di PT. I. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2).
<https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.35260>

Putty, I. (2016). Quality Control Analysis of Industrial Waste Water in Tjoekir Sugar Factory. *Tugas Akhir*.

Sari dan Ridho. (2016). Evaluasi Manajemen Perawatan Mesin dengan menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM II). *Thesis*, 2(1), 7–37.

METADATA PENULIS

I. Penulis Pertama*:

1. Nama Depan : Putri
2. Nama Tengah : Agustina Sri
3. Nama Belakang : Rejeki
4. E-mail : putriagustina750@students.undip.ac.id
5. Orcid ID : -
6. Orcid URL : -
7. Afiliasi : Universitas Diponegoro
8. Negara : Indonesia
9. Bio Statemen : Program studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
10. Nomor Telefon : 082246495474

II. Penulis Kedua:

1. Nama Depan : Naniek
2. Nama Tengah : Utami
3. Nama Belakang : Handayani
4. E-mail : naniekh@live.undip.ac.id
5. Orcid ID : -
6. Orcid URL : -
7. Afiliasi : Universitas Diponegoro
8. Negara : Indonesia
9. Bio Statemen : Program studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
10. Nomor Telefon : 08157108659