

USULAN PERBAIKAN KUALITAS PADA MESIN GETAR DI PT. GANDUM MAS KENCANA UNTUK MENGETAHUI TINGKAT KEHALUSAN GULA MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Vitha Amelia

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma

Jl. Margonda Raya No. 100 Depok 16424

vithamelia@yahoo.com dan vilia_purple@yahoo.com

ABSTRAKSI

Dalam dunia industri manufaktur, bagian pengendalian kualitas sangatlah diperlukan agar suatu perusahaan dapat bersaing dalam pangsa pasar dan dapat terus diminati konsumen. Sebuah industri yang baik adalah apabila dalam manajemen industri tersebut diadakan pengendalian kualitas untuk setiap produk yang akan, sedang dan telah diproduksi sebelum produk tersebut sampai ke tangan konsumen agar produk yang dihasilkan dapat berkualitas. Oleh karena itu, setiap perusahaan manufaktur perlu melakukan efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya untuk proses produksi, namun harus tetap memperhatikan tingkat kualitas, fleksibilitas dan keamanan. Untuk memperoleh hasil produksi yang berkualitas tinggi, maka perlu ditentukan penentuan parameter proses produksi yang optimal. Salah satu usaha dalam peningkatan kualitas proses produksi adalah melalui perancangan percobaan. Banyak metode perancangan percobaan yang telah dikembangkan, mulai dari metode klasik yang diperkenalkan oleh Sir Ronald Fisher tahun 1930-an sampai dengan metode Taguchi yang ditemukan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1960-an.

PT. Gandum Mas Kencana adalah salah satu perusahaan industri manufaktur yang bergerak di bidang pangan. Pada penelitian ini, dilakukan analisis terhadap tingkat kehalusan gula halus *Crispy Cream* agar dapat menjadi bahan campuran coklat blok. Dari perhitungan untuk mendapatkan hasil penentuan parameter yang optimal dengan menggunakan metode Taguchi, maka didapatkan faktor yang berpengaruh, yaitu getaran mesin, waktu pengayakan, berat gula dan kerapatan penutup mesin menggunakan plastik. Didapatkan juga penentuan level yang baik, yaitu pada getaran mesin menggunakan level 2 (90 Rpm), waktu mengayak berlevel 2 (20 menit), berat gula berlevel 1 (100 gr) dan kerapatan penutup mesin berlevel 1 (menggunakan plastik).

PENDAHULUAN

Dewasa ini tuntutan konsumen semakin tinggi dalam memproduksi produk yang berkualitas tinggi dengan harga yang terjangkau. Oleh sebab itu, setiap perusahaan manufaktur perlu

melakukan efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya untuk proses produksi, namun harus tetap memperhatikan tingkat kualitas, fleksibilitas dan keamanan. Masalah kualitas menjadi persoalan yang tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan

konsumen, karena kesalahan dalam kualitas dapat menimbulkan komplain dan ketidakpuasan dari konsumen. Masalah kualitas dapat timbul karena berbagai penyebab yang kompleks di lantai produksi dan kurangnya usaha perbaikan kualitas oleh pihak manajemen.

Suatu produk yang berkualitas dapat dihasilkan melalui penelitian oleh R&D, proses produksi yang baik, maupun pengendalian setiap proses produksi. Untuk memperoleh hasil produksi yang berkualitas baik, maka perlu dilakukan pengaturan pengukuran proses produksi yang optimal. Salah satu usaha dalam peningkatan kualitas proses produksi adalah melalui desain eksperimen. Banyak desain eksperimen yang telah dikembangkan oleh para pakar, diantaranya adalah metode Taguchi. Latar belakang metode Taguchi bersumber dari Sir Ronald Fisher pada tahun 1920-an yang telah mengembangkan teknik perancangan percobaan untuk penelitian. Metode Taguchi merupakan metode penyelesaian masalah dengan pendekatan statistik parametrik sebab diasumsikan bahwa data yang digunakan adalah berdistribusi normal. Sebagai perusahaan manufaktur yang memproduksi beragam jenis coklat, manajemen produksi PT. Gandum Mas Kencana berupaya terus menerus memperbaiki proses produksinya guna menghasilkan produk yang berkualitas.

LANDASAN TEORI

Metode Taguchi

Metode ini dicetuskan oleh Dr Genichi Taguchi pada tahun 1949 saat ia mendapat tugas untuk memperbaiki sistem komunikasi di Jepang. Ia memiliki latar belakang teknik, juga mendalami statistika dan pengetahuan keteknikan. Metode ini ditemukan

untuk memenuhi informasi yang akurat pada saat percobaan yang besar tidak mungkin dilakukan. Metode Taguchi berawal dari metode desain eksperimen klasik yang dikembangkan oleh R.A Fisher di Inggris, metode ini berdasarkan pada pendekatan statistik yang didasarkan pada *latin square* dan pada awalnya dikembangkan untuk industri pertanian. Metode ini menjadi tidak praktis untuk diterapkan pada industri manufaktur karena adanya asumsi tertentu dan penekanan pada prosedur-prosedur tertentu. Taguchi mengembangkan metode desain eksperimen dengan memanfaatkan sifat desain kokoh [1].

Konsep Taguchi dibuat dari penelitian W.E. Deming yang menyatakan bahwa 85% kualitas yang buruk diakibatkan oleh proses manufaktur dan hanya 15% dari pekerja. Kemudian ia mengembangkan sistem manufaktur yang “kuat” atau tidak sensitif terhadap variasi harian dan musiman dari lingkungan, mesin, dan faktor-faktor luar lainnya. Dasar metode Taguchi berasal dari 2 premis berikut ini, yaitu [4] :

1. Produk yang tidak mencapai target akan memberikan kerugian pada masyarakat.
2. Desain produk dan proses memerlukan pengembangan sistematis dan langkah-langkah progresif melalui desain sistem, desain parameter, dan akhirnya desain toleransi.

Pencapaian Kualitas 7 Point Taguchi

Ada tujuh point dari Taguchi yang membedakan pendekatan Taguchi dari pendekatan tradisional dalam menjamin kualitas, yaitu [4] :

1. Taguchi mendefinisikan kualitas sebagai penyimpangan dan performansi tepat target yang pada awal pemunculannya menjadi suatu paradok. Menurutnya, kualitas dari produk manufaktur adalah total kerugian yang ditimbulkan oleh produk pada masyarakat sejak produk itu dikirimkan.
2. Dalam persaingan ekonomi, *Continuous Quality Improvement* (CQI) atau peningkatan kualitas terus-menerus dan penurunan biaya amat penting untuk tetap bertahan dalam bisnis.
3. Sebuah program CQI melibatkan reduksi terus menerus dalam variasi karakteristik performansi produk dalam nilai-nilai target mereka.
4. Kerugian yang diderita konsumen akibat variasi performansi produk seringkali proporsional dengan kuadrat penyimpangan karakteristik performansi dari nilai targetnya.
5. Kualitas dan biaya akhir (R&D, manufaktur, dan operasi) dari produk manufaktur bergantung pada desain rekayasa produk dan proses manufakturnya.
6. Variasi dalam suatu performansi produk atau proses dapat dikurangi dengan mengeksplorasi pengaruh-pengaruh non linier berbagai

parameter produk atau proses pada karakteristik performansi.

7. Percobaan-percobaan perencanaan secara statistik dapat secara efisien dan diandalkan mengidentifikasi berbagai pengaturan dan parameter produk atau proses yang akan mengurangi variasi Performansi.

Kelebihan dan Kekurangan Metode Taguchi

Metode pengukuran biaya kualitas dengan metode Taguchi ini memiliki beberapa kelebihan jika diterapkan dalam perusahaan. Kelebihan-kelebihan metode ini antara lain [5] :

1. Memungkinkan perusahaan untuk melakukan analisis terhadap produk yang dihasilkan. Dengan penerapan metode ini, perusahaan akan mudah melakukan analisis karena produk yang dihasilkan dapat dideteksi tingkat penyimpangannya.
2. Memotivasi perusahaan sehingga meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan karena metode ini selalu berpandangan bahwa produk yang dihasilkan haruslah mencapai nilai target, jika tidak, akan selalu ada kerugian yang diderita oleh perusahaan untuk setiap penyimpangan produk yang ada, karena semakin besar penyimpangan produk dari nilai targetnya maka akan semakin besar tingkat ketidakpuasan konsumen bila produk tersebut didistribusikan ke konsumen.
3. Melalui metode ini, perusahaan dapat mengidentifikasi dan melakukan estimasi terhadap

besarnya biaya kualitas yang tersembunyi. Selama ini metode yang digunakan perusahaan dalam menentukan besarnya biaya kualitas tersembunyi kurang mencerminkan kondisi (kerugian) yang diderita oleh perusahaan apabila produk yang dihasilkan menyimpang dari nilai target yang ditetapkan.

Metode Taguchi ini juga memiliki kelemahan-kelemahan, antara lain :

1. Dalam hal pengembangan produk metode ini, apabila diterapkan tanpa diikuti penerapan teknik-teknik yang dikembangkan oleh Deming, Juran dan Crosby, tidak akan memberikan hasil yang maksimal. Hal ini disebabkan karena metode ini hanya memberikan teknik bagaimana menghasilkan produk yang benar-benar sesuai dengan target dan menghitung biaya yang diserap oleh produk yang tidak dapat memenuhi nilai target, tetapi metode yang dikembangkan oleh Taguchi ini tidak memberikan teknik-teknik pengendalian dan pengembangan kualitas produk di masa yang akan datang.
2. Metode ini hanya cocok diterapkan untuk perusahaan industri manufaktur yang menghasilkan barang dengan tingkat ketelitian tinggi. Apabila produk yang dihasilkan menyimpang dari nilai target, maka sedikit saja penyimpangan akan menyebabkan konsumen tidak puas dan lari ke produk/merk lain.

3. Implementasi dari metode ini membutuhkan perhitungan statistik yang sedikit rumit, sehingga diperlukan sumber daya yang benar-benar mampu menerapkannya. Selain itu juga diperlukan keahlian khusus dalam menganalisis statistik.

Tahap-tahap dalam Desain Produk atau Proses Menurut Taguchi

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan, Dr. Taguchi merekomendasikan 3 tahap proses, yaitu [3] :

1. Sistem Perancangan
Fokus dari tahap desain sistem adalah pada penentuan level yang paling sesuai dari faktor desain. Hal ini termasuk mendesain dan menguji suatu sistem berdasarkan kebijaksanaan insinyur dalam memilih material, bagian, dan nilai nominal parameter produk atau proses berdasarkan atas teknologi yang berlaku. Seringkali juga terlibat penemuan dan pengetahuan dari bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang dapat diterapkan.
2. Sistem Pengukuran
Parameter desain membantu dalam menentukan level faktor yang menghasilkan performansi terbaik dari suatu produk atau proses dengan cara pembelajaran. Kondisi optimum kemudian dipilih sehingga pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikontrol dapat menyebabkan variasi yang paling minimum dan performansi sistem.

3. Perancangan Toleransi

Desain toleransi merupakan tahap yang digunakan untuk mencocokkan hasil dari desain parameter dengan cara menyetel toleransi faktor dengan pengaruh yang signifikan terhadap produk. Tahap seperti ini akan secara wajar mengarah pada pengidentifikasian kebutuhan material, pembelian peralatan/barang, pengeluaran uang lebih untuk inspeksi, dan sebagainya.

Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas adalah hasil suatu proses yang berkaitan dengan kualitas. Karakteristik kualitas yang terukur menurut Taguchi dapat dibagi menjadi 3 kategori yaitu [6] :

1. *Nominal Is the Best*

Karakteristik kualitas yang menuju suatu nilai target yang tepat pada suatu nilai tertentu. Jika nilainya semakin mendekati nilai nominal tertentu, maka kualitasnya akan semakin baik.

2. *Smaller the Better*

Pencapaian karakteristik jika semakin kecil (mendekati nol) semakin baik.

3. *Larger the Better*

Pencapaian karakteristik kualitas semakin besar nilainya, maka kualitas semakin baik.

Orthogonal Array (OA)

Orthogonal Array (OA) merupakan salah satu bagian kelompok dari percobaan yang hanya menggunakan bagian dari kondisi total, di mana bagian ini barangkali hanya separuh, seperempat atau seperdelapan dari percobaan faktorial penuh [7].

OA diciptakan oleh Jacques Hardmard pada tahun 1897, dan mulai diterapkan pada perang dunia II oleh Plackett dan Burman. Matriks Taguchi secara matematis identik dengan matriks Hardmard, hanya kolom dan barisnya dilakukan pengaturan lagi. Keuntungan OA adalah kemampuannya untuk mengevaluasi berapa faktor dengan jumlah tes yang minimum. Jika pada percobaan terdapat 7 faktor dengan level 2, maka jika menggunakan faktorial penuh akan diperlukan 128 buah percobaan. Dengan OA, jumlah percobaan yang perlu dilakukan dapat dikurangi dan hanya 8 percobaan sehingga akan mengurangi waktu dan biaya percobaan.

OA telah menyediakan berbagai kombinasi matriks OA untuk pengujian faktor dengan 2 dan 3 level dengan kemungkinan untuk pengujian multiple level. Contoh dari OA L_8 dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Tabel *Orthogonal Array* L₈

Trial \ Kolom	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Sumber : Tapan P Bagchi, *Buku Taguchi Methods Explained : Practical Steps to Robust Design*.

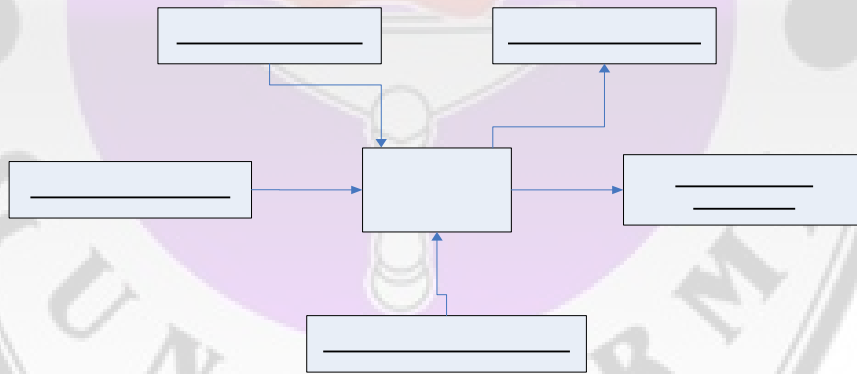
Langkah-Langkah Pelaksanaan Percobaan Taguchi

Ada beberapa langkah yang diusulkan Taguchi untuk melakukan percobaan secara sistematis, yaitu :

1. Penentuan Variabel Tak Bebas (Karakteristik Kualitas)

2. Identifikasi Faktor-Faktor (Variabel Bebas)

3. Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan dengan P-Diagram



Gambar 2.1 Skema P-Diagram

Sumber : Thomas Edison, http://www.thequalityportal.com/p_diagram.htm

4. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor

5. Identifikasi Kemungkinan Adanya Interaksi antar Faktor Kontrol

6. Perhitungan Derajat Kebebasan

7. Pemilihan *Orthogonal Array* (OA)

8. Penugasan untuk Faktor dan Interaksinya pada OA

9. Persiapan dan Pelaksanaan Percobaan

Analisis Data

Cara yang digunakan untuk menganalisis data adalah dengan melihat dan menganalisis grafik hasil penyebab utama dan grafik perencanaan interaksi yang dihasilkan untuk rata-rata dan rasio S/N. Perhitungan untuk menganalisis data dapat terbagi menjadi dua metode, yaitu :

1. Metode *Average* (Metode Rata-rata)
2. Metode Rasio S/N (*Signal to Noise Ratio*)

Terdapat 3 jenis rasio S/N sesuai tipe kualitas, yaitu *nominal is the best*, *smaller the better*, dan *bigger the better*. Rumus menghitung rasio S/N adalah :

Hasil Rata-rata : $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ [8]

Penyimpangan : $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$ [9]

Tabel 2.3 Rumus SNR Berdasarkan Karakteristik Kualitas

Karakteristik Kualitas	Rumus SNR
<i>Smaller The Better</i>	$SN_S = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$
<i>Nominal Is The Best</i>	$SN_T = 10 \log \left(\frac{y}{S^2} \right)$
<i>Larger The Better</i>	$SN_L = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$

Sumber : Mitra, 1993

Pelaksanaan Percobaan Konfirmasi

Percobaan konfirmasi adalah percobaan yang dilakukan untuk memeriksa kesimpulan penentuan kondisi optimal yang didapat dari perhitungan (validasi kesimpulan yang ditarik selama fase analisa).

Tujuan percobaan konfirmasi adalah untuk membuktikan [4]:

1. Dugaan yang dibuat pada saat model performansi penentuan faktor dan interaksinya.

2. Mengatur parameter (faktor) yang optimal, analisa hasil percobaan pada performansi yang diharapkan.

Langkah-langkah pada percobaan konfirmasi [7]:

1. Mengatur kondisi optimal untuk faktor dan level signifikan, sedangkan untuk faktor yang tidak signifikan, pengaturan untuk level faktornya dipilih berdasarkan pertimbangan biaya ekonomis.
2. Membandingkan rata-rata dan ragam hasil percobaan konfirmasi dengan rata-rata dan ragam yang diharapkan.

Percobaan konfirmasi dikatakan berhasil bila [6]:

1. Terjadi perbaikan dari hasil proses yang ada (sebelum percobaan Taguchi dilakukan).
2. Hasil dari percobaan konfirmasi dekat dengan nilai yang diprediksikan.

Taguchi *Quality Loss function*

Kerugian kualitas digunakan dalam mengukur performansi karakteristik kualitas dalam pencapaian nilai target yaitu suatu nilai yang ideal dari performansi karakteristik tersebut. Semakin dekat penyimpangan produk dari nilai target yang telah ditetapkan maka semakin

baik mutunya. Taguchi menekankan bahwa kualitas produk adalah fungsi dari karakteristik kunci suatu produk yang disebut karakteristik-karakteristik performansi. Biasanya pertimbangan kerugian sebagai tambahan biaya dan produk. Lalu, pelanggan yang menanggung biaya kerugian.

Loss function digunakan dalam mengukur performansi karakteristik kualitas dalam pencapaian nilai target yaitu nilai yang ideal dari performansi karakteristik tersebut. Semakin dekat penyimpangan produk dari nilai target yang ditetapkan, semakin baik mutunya.

Untuk melakukan perhitungan *Loss Function*, maka digunakan rumus :

$$k = \frac{L_o}{\Delta^2} \dots\dots\dots[10]$$

Di mana :

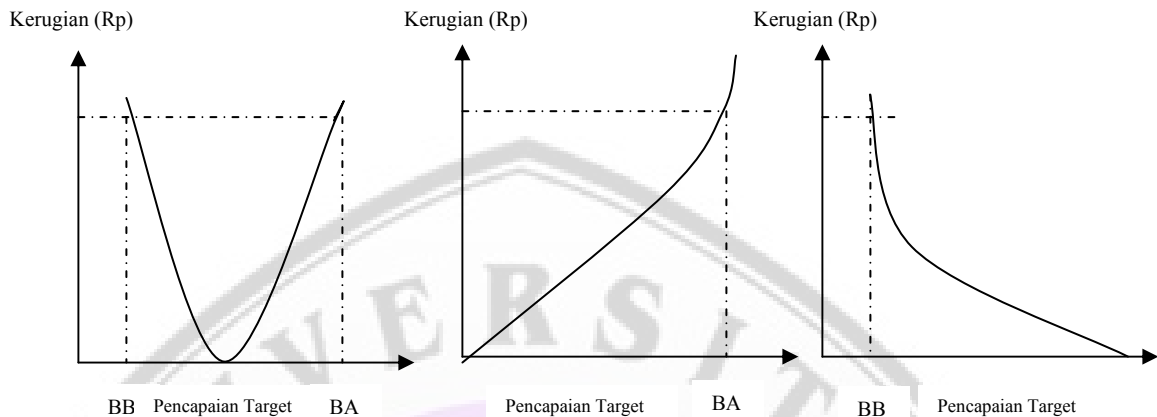
k = Koefisien Biaya, L_o = Rata-rata Biaya, Δ² = Toleransi
 Khusus untuk *Larger The Better* : k = L_o x Δ²[11]

Tabel 2.4 Rumus *Loss Function* berdasarkan Karakteristik Kualitas

Karakteristik Kualitas	Jenis Produk	
	<i>One-Piece</i>	<i>Many-Pieces</i>
<i>Smaller The Better</i>	$L = k (y-t)^2$	$L = k \{S^2 + (\bar{y} - t)^2\}$
<i>Nominal Is The Best</i>	$L = ky^2$	$L = k (S^2 + \bar{y}^2)$
<i>Larger The Better</i>	$L = k \left(\frac{1}{2}\right)^2$	$L = \frac{k}{\mu^2} \left(1 + \frac{3S^2}{\mu^2}\right)$

Sumber : Modul Praktikum Pengendalian Kualitas, Universitas Trisakti

Di mana : \bar{y} = Rata-rata hasil percobaan T= Nilai Target S = Standar Deviasi



Nominal Is The Best

Smaller The Better

Larger The Better

Sumber : Modul Praktikum Pengendalian Kualitas, Universitas Trisakti

Gambar 2.1 Loss Function

Untuk memastikan bahwa data-data yang digunakan untuk perhitungan *Loss Function* ini valid, maka dilakukan uji normalitas dengan menggunakan chi-kuadrat. Uji normalitas perlu dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diambil sudah berdistribusi normal atau tidak, apabila data tersebut tidak berdistribusi normal, maka perlu dilakukan pengumpulan data kembali. Setelah

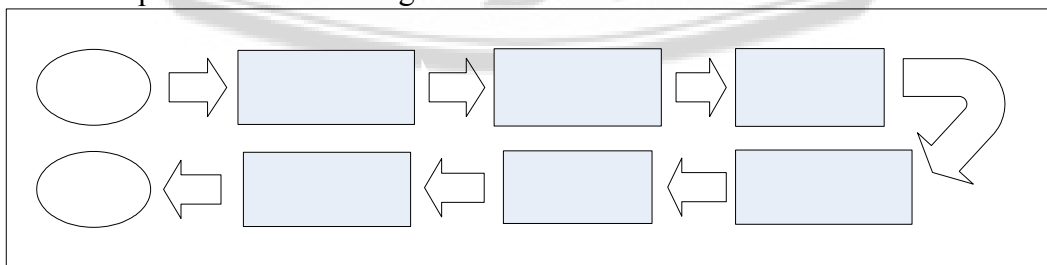
dilakukan uji normalitas, kemudian dilakukan uji proporsi untuk kecacatan produk dengan membandingkan tingkat kecacatan sebelum dan sesudah dilakukan percobaan Taguchi. Hal ini dilakukan untuk menunjukkan apakah percobaan Taguchi mendapatkan hasil yang lebih baik atau tidak dalam mengurangi kecacatan/kegagalan produksi [1].

PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Dari hasil pengamatan langsung yang dilakukan penulis, maka dapat diketahui bagaimana

proses penyaringan gula dilakukan. Proses penyaringan tersebut dapat dijelaskan dari diagram alir yang terdapat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Penyaringan Gula Crispy Cream

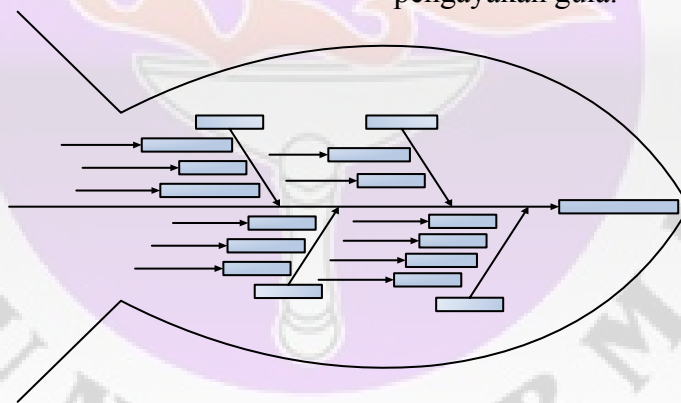
Setelah membuat diagram alir dari proses penyaringan gula, penulis membuat diagram sebab akibat dari hasil wawancara yang telah dilakukan. Diagram sebab akibat diperlukan untuk identifikasi penyebab timbulnya gula *Crispy Cream* yang tidak ikut tersaring. Kategori penyebab cacat yang dianggap cukup berpengaruh diantaranya adalah manusia, mesin, lingkungan dan material. Berikut adalah penyebab-penyebab terjadinya cacat dengan menggunakan diagram Ishikawa atau sebab akibat.

- a. Manusia, yaitu kemampuan, kondisi fisik, dan ketelitian operator
- b. Mesin, yaitu berat gula, getaran mesin, waktu, dan kerapatan

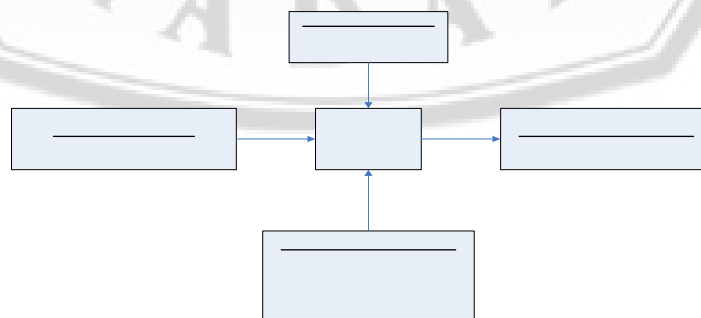
penutup menggunakan plastik atau tidak

- c. Material, yaitu gula menggumpal, karung kemasan tidak rapat/sobek, dan penyedia bahan baku
- d. Lingkungan, yaitu udara yang lembab dan kotoran atau debu

Dari hasil wawancara tersebut, maka dapat dibuat suatu diagram tulang ikan pada gambar 4.2 untuk mempermudah dalam menyimpulkan sebab dan akibat yang mempengaruhi keberhasilan pengayakan gula. Penulis juga membuat P-diagram pada gambar 4.3 untuk mempermudah mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh dan tidak berpengaruh, faktor terkendali dan tidak terkendali pada proses pengayakan gula.



Gambar 4.2 Diagram Tulang Ikan



Gambar 4.3 Pembuatan P-Diagram

Langkah pertama yang dilakukan penulis adalah dengan menentukan variabel tak bebas. Variabel tak bebas merupakan variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel-variabel bebas. Penelitian ini bertujuan untuk meminimasi terjadinya jenis-jenis cacat atau kegagalan pada saat proses pengayakan. Oleh karena itu, variabel tak bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah jumlah sisa gula karena kegagalan pengayakan gula *Crispy Cream*. Kriteria kegagalan dari penyaringan gula adalah banyaknya sisa gula yang tidak ikut tersaring karena menggumpalnya gula. Variabel tak bebas yang digunakan memiliki sifat *Smaller The Better* dengan asumsi bahwa semakin sedikit jumlah sisa gula yang tidak ikut tersaring, maka kualitasnya akan semakin baik.

Setelah menentukan variabel tak bebas, maka selanjutnya adalah menentukan variabel bebas yang termasuk dalam proses pengayakan. Variabel bebas merupakan variabel-variabel yang nilainya tidak tergantung pada variabel lainnya, namun dapat mempengaruhi nilai variabel tak bebas. Variabel bebas pada kegagalan pengayakan adalah faktor-faktor yang dikategorikan sebagai faktor terkendali pada P-diagram, yaitu besarnya getaran untuk mengayak, waktu pengayakan, berat gula, dan kerapatan tutup mesin.

Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan pemisahan terhadap faktor terkendali dan tidak terkendali, yang termasuk dalam P-diagram. Pemisahan faktor kontrol dan *noise* digunakan untuk mengetahui

faktor-faktor mana saja yang dapat dikendalikan dan tidak dapat dikendalikan sehingga dapat dilakukan pengaturan yang optimal pada mesin agar kegagalan pengayakan dapat seminimum mungkin. Pemilihan faktor kontrol dan gangguan ini dilihat berdasarkan pada pembuatan P-diagram yang telah dilakukan. Ada beberapa faktor kontrol yang berhubungan langsung dengan kegagalan pengayakan gula yaitu mesin penghalus gula. Faktor kontrol yang tidak berhubungan langsung dengan mesin, yaitu waktu pengayakan dan besarnya getaran yang digunakan untuk mengayak. Faktor kontrol lainnya yang ikut berpengaruh terhadap keberhasilan pengayakan adalah berat gula dan penggunaan plastik pada penutup mesin ayak. Sedangkan untuk faktor gangguan pada pengayakan gula adalah udara yang ada di dalam ruangan yang dapat membuat gula tersebut menggumpal apabila terlalu lama terkena udara dari luar.

Jika faktor yang terkendali dan tidak terkendali sudah ditentukan, maka dapat menentukan faktor dan level yang akan digunakan pada percobaan Taguchi. Dalam Taguchi, level ditentukan dengan mempertimbangkan waktu dan biaya yang akan dikeluarkan. Semakin besar level yang digunakan, maka penelitian akan semakin akurat namun rumit dan membutuhkan banyak waktu dan biaya. Dengan menggunakan level yang cukup, hasil yang terpilih sudah dapat dikatakan baik. Pada percobaan Taguchi ini, penamaan level diberikan untuk menentukan nilai-nilai dan

pengaturan mesin yang akan digunakan dalam percobaan. Taguchi menamakan level untuk tiap pengaturan yang akan digunakan dan level ini berguna untuk menentukan *Orthogonal Array* (OA) yang akan dilakukan. Penentuan OA berdasarkan pada banyaknya level yang digunakan. Dalam hal ini, penulis menggunakan level sebanyak dua level untuk

meminimalkan waktu dan biaya dalam percobaan, karena semakin banyak level yang digunakan dalam suatu percobaan, maka biaya dan waktu yang dibutuhkan akan semakin besar. Berikut ini adalah nilai pada level yang akan digunakan untuk masing-masing faktor terkendali. Nilai ini didapat dari pengaturan level yang ditentukan oleh penulis.

Tabel 4.1 Nilai Level Faktor Kontrol untuk Kegagalan Pengayakan

Kode	Faktor Kontrol	Satuan	Level 1	Level 2
A	Getaran Mesin	Rpm	95	90
B	Waktu Mengayak	Menit	15	20
C	Berat Gula	Gram	100	90
D	Kerapatan Penutup	Plastik	Memakai	Tidak Memakai

Setelah menentukan faktor dan level yang digunakan serta menentukan nilai dari masing-masing faktor dan level, kemudian dapat memilih faktor-faktor yang dianggap paling berpengaruh dan memungkinkan terjadinya interaksi dari satu faktor terhadap faktor lainnya. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak-pihak yang terkait dan pengamatan penulis, maka dapat diketahui bahwa interaksi yang mungkin terjadi adalah antara getaran mesin dan waktu mengayak (AxB). Kemungkinan interaksi antara faktor-faktor tersebut terjadi karena faktor-faktor tersebut mendapatkan perlakuan secara bersamaan. Perlakuan untuk kedua faktor tersebut diatur secara manual oleh operator bagian Produksi, semakin besar getaran yang diberikan, maka waktu yang digunakan akan juga semakin kecil.

Interaksi lain yang mungkin terjadi adalah antara getaran dengan penggunaan penutup plastik pada mesin pengayakan (AxD). Hal ini dapat terjadi karena semakin besar getaran yang digunakan, maka gula akan semakin banyak bertaburan pada bagian tutup mesin ayak sehingga ada kemungkinan gula yang terbuang semakin banyak. Apabila penutup mesin tidak menggunakan plastik sebagai penyangga, maka gula yang terbuang akan semakin banyak dan dapat mempengaruhi hasil akhir yang ingin diperoleh. Apabila menggunakan penutup plastik, akan mempermudah perhitungan, karena plastik tersebut dapat mudah dibersihkan dengan kuas khusus gula sehingga sisa gula dapat ikut terhitung.

Setelah melakukan wawancara dan diskusi dengan operator perusahaan, dapat disimpulkan bahwa

berat gula tidak berpengaruh terhadap keberhasilan pengayakan. Hal ini dikarenakan bahwa seberat apapun gula yang digunakan, standarisasi perhitungan sisa gula yang diperbolehkan akan tetap sama.

Dari hasil pemilihan faktor dan level, ada 4 faktor yang digunakan dan terdapat dua interaksi antara faktor.

$$\begin{aligned} \text{DoF untuk Faktor A} &= n_A - 1 = 2 - 1 = 1 \\ \text{DoF untuk Faktor B} &= n_B - 1 = 2 - 1 = 1 \\ \text{DoF untuk Faktor C} &= n_C - 1 = 2 - 1 = 1 \\ \text{DoF untuk Faktor D} &= n_D - 1 = 2 - 1 = 1 \\ \text{DoF untuk Faktor AxB} &= (n_A - 1) \times (n_B - 1) = (2 - 1) \times (2 - 1) = 1 \\ \text{DoF untuk Faktor AxD} &= (n_A - 1) \times (n_D - 1) = (2 - 1) \times (2 - 1) = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah DoF total} &= (n_A - 1) + (n_B - 1) + (n_C - 1) + (n_D - 1) + \\ &\quad (n_{AxB} - 1) + (n_{AxD} - 1) \\ &= 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6 \end{aligned}$$

Setelah mendapat hasil perhitungan derajat kebebasan untuk masing-masing faktor, maka dapat diketahui bahwa kegagalan pengayakan memiliki Dof sebesar 6. Berdasarkan nilai Dof tersebut, maka

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Trial} - 1 &\geq \text{Jumlah Total DoF} \\ 8 - 1 &\geq 6 \\ 7 &\geq 6 \end{aligned}$$

Persamaan tersebut terpenuhi, karena ada 6 faktor yang terlibat dalam percobaan Taguchi, maka digunakan $L_8 (2^7)$. Jumlah percobaan dipilih berdasarkan pada tabel pemilihan OA yang telah ditentukan, tercantum pada tabel 4.2. OA yang digunakan

Selanjutnya penulis dapat melakukan perhitungan untuk derajat kebebasan yang akan digunakan. Derajat kebebasan ini akan menentukan pemilihan OA pada perhitungan Taguchi. Masing-masing faktor terpilih memiliki 2 level, maka derajat kebebasan (DoF) untuk masing-masing faktor adalah :

ditentukan bahwa jenis OA yang digunakan adalah $L_8 (2^7)$. Pemilihan OA harus memenuhi persamaan : $f_{LN} \geq f$ yang diperlukan untuk faktor dan interaksi

menandakan bahwa untuk kegagalan pengayakan dilakukan percobaan sebanyak 8 kali dengan 6 faktor Kontrol. Untuk pemilihan jenis OA yang digunakan, harus berdasarkan pada ketentuan yang sudah ditetapkan dan berdasarkan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Pemilihan *Orthogonal Array* dan Jumlah DoF yang Sesuai

JUMLAH DoF	<i>Orthogonal Array</i>
2 - 3	L_4
4 - 7	L_8
8 - 11	L_{12}
12 - 15	L_{16}

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan dari Percobaan untuk Kegagalan Pengayakan

Percobaan	Nomor Kolom						Kegagalan Pengayakan (%)		
	A	B	A xB	C	D	AxD	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	7.90	6.10	7.65
2	1	1	1	2	2	1	16.37	12.92	17.32
3	1	2	1	1	1	1	7.73	7.67	8.50
4	1	2	1	2	2	1	10.48	14.08	8.93
5	2	1	2	1	2	2	8.82	6.85	7.02
6	2	1	2	2	1	2	9.95	9.41	11.12
7	2	2	2	1	2	2	8.78	7.66	8.28
8	2	2	2	2	1	2	6.91	7.68	7.73

Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data dan melakukan percobaan, maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan perhitungan berdasarkan hasil yang telah terkumpul setelah penulis melakukan percobaan.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, maka dapat dilakukan perhitungan untuk rata-rata, penyimpangan dan *Signal To Noise Ratio* (SNR). SNR dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari masing-

masing faktor kendali dan interaksi yang terjadi antar faktor. Rata-rata dilakukan untuk mengetahui rata-rata kegagalan pengayakan yang terjadi dari tiap percobaan menggunakan tabel OA. Standar Deviasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan yang terjadi pada proses pengayakan. Di bawah ini adalah tabel 4.5 yang menunjukkan hasil perhitungan rata-rata, penyimpangan dan SNR.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Manual Untuk Rata-rata, Penyimpangan dan SNR

Percobaan	No. Kolom						Kegagalan Pengayakan (%)			Hasil (%)		
	A	B	A xB	C	D	AxD	1	2	3	Rata-rata(%)	S (%)	SNR (dB)
1	1	1	1	1	1	1	7.90	6.10	7.65	7.22	0.98	-17.22
2	1	1	1	2	2	1	16.37	12.92	17.32	15.47	2.24	-23.85
3	1	2	1	1	1	1	7.73	7.67	8.50	7.97	0.463	-18.03
4	1	2	1	2	2	1	10.48	14.08	8.93	11.16	3.76	-21.15
5	2	1	2	1	2	2	8.82	6.85	7.02	7.56	1.09	-17.63
6	2	1	2	2	1	2	9.95	9.41	11.12	10.16	1.24	-20.16
7	2	2	2	1	2	2	8.78	7.66	8.28	8.24	0.56	-18.33
8	2	2	2	2	1	2	6.91	7.68	7.73	7.4	0.65	-17.44
Rata-Rata										9.4	1.37	-18.99

Pada tabel 4.6 di bawah ini adalah tabel perhitungan OA menggunakan perangkat lunak Minitab. Untuk keterangan lebih lanjut

mengenai hasil perhitungan menggunakan perangkat lunak Minitab, penulis melampirkan hasil faktor dan level terpilih pada lampiran.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Perangkat lunak Untuk Rata-rata, Penyimpangan dan SNR

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
	Getaran Mesin	Waktu Mengayak	Berat Gula	Penutup		Sisa1	Sisa2	Sisa3	SNRA1	STDE1	MEAN1	
1	95	15	100	Plastik		7,90	6,10	7,65	-17,2193	0,97511	7,2167	
2	95	15	90	NonPlastik		16,37	12,92	17,32	-23,8910	2,31535	15,5367	
3	95	20	100	Plastik		7,73	7,67	8,50	-18,0353	0,46285	7,9667	
4	95	20	90	NonPlastik		10,48	14,08	8,93	-21,1151	2,64213	11,1633	
5	90	15	100	NonPlastik		8,82	6,85	7,02	-17,6342	1,09162	7,5633	
6	90	15	90	Plastik		9,95	9,41	11,12	-20,1593	0,87413	10,1600	
7	90	20	100	NonPlastik		8,78	7,66	8,28	-18,3319	0,56107	8,2400	
8	90	20	90	Plastik		6,91	7,68	7,73	-17,4425	0,45967	7,4400	
9												

Pada saat pemilihan faktor dan level untuk proses pengayakan, terdapat 4 faktor yang dapat dikendalikan dan memiliki masing-masing 2 level yang kemudian digunakan untuk mencari selisih dari tiap level agar dapat ditentukan urutan

level yang terbaik. Di bawah ini adalah tabel-tabel untuk mengetahui faktor dan level yang optimum berdasarkan rata-rata, penyimpangan/S dan SNR sehingga akan didapatkan urutan level yang terbaik.

Tabel 4.7 Pemilihan Level Terbaik Proses Ayak untuk Rata-rata

Faktor	Rata-rata		Selisih	Rank	Optimum
	Level 1	level 2			
A	9.82	7.91	1.91	2	A2
B	9.49	8.24	1.25	4	B2
C	7.36	10.37	3.01	1	C1
D	8.15	9.56	1.41	3	D1

Tabel 4.8 Pemilihan Level Terbaik Proses Ayak untuk Penyimpangan/S

Faktor	S (%)		Selisih (%)	Rank	Optimum
	Level 1	level 2			
A	1.86	0.89	0.97	3	A2
B	1.39	1.36	0.03	4	B2
C	0.77	1.97	1.2	1	C1
D	0.83	1.95	1.12	2	D1

Tabel 4.9 Pemilihan Level Terbaik Proses Ayak untuk SNR

Faktor	SNR (dB)		Selisih (dB)	Rank	Optimum
	Level 1	level 2			
A	-20.06	-18.39	1.67	3	A2
B	-19.71	-18.74	0.97	4	B2
C	-17.80	-20.65	2.85	1	C1
D	-18.21	-20.02	1.81	2	D1

Berdasarkan hasil perhitungan untuk pemilihan level terbaik dengan rata-rata, S dan SNR, maka dapat diketahui bahwa pemilihan level yang digunakan untuk proses pengayakan adalah dengan level A2 (getaran mesin), B2 (waktu mengayak), C1 (berat gula), dan D1 (kerapatan penutup). Pada hasil perhitungan rata-rata, S dan SNR, didapatkan hasil pemilihan optimum yang sama, berarti faktor-faktor yang terpilih tersebut sudah optimal.

Pada getaran mesin, level yang digunakan adalah level 2, yaitu sebesar 90 Rpm, yang menunjukkan bahwa pergerakan mesin untuk mengayak adalah 90 putaran per menit dan pergerakan getaran tersebut tidak terlalu cepat, sehingga tidak menimbulkan suara terlalu keras yang dapat mengakibatkan kebisingan di ruangan. Dengan lamanya waktu mengayak sebesar 20 menit menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan tidak terlalu lama, sehingga dalam 1 jam pengayakan

gula dapat dilakukan sebanyak 3 kali, hal ini berbeda dengan pengayakan yang dilakukan sebelum percobaan Taguchi, yaitu sebesar 2 kali dalam 1 jam. Untuk berat gula yang digunakan adalah sebesar 100 gram, menunjukkan bahwa berat gula memang tidak berpengaruh terhadap keberhasilan pengayakan, karena berapapun berat gula yang digunakan, standar untuk keberhasilan pengayakan adalah sama. Keberhasilan pengayakan gula ini didukung pula dengan penggunaan plastik pada penutup alat ayak tersebut sehingga tidak ada gula yang keluar, sehingga sisa gula tidak ada yang terbuang.

Setelah menentukan level yang telah terpilih untuk masing-masing faktor, maka akan dapat dilakukan percobaan konfirmasi. Hal ini dilakukan untuk lebih memastikan bahwa level yang terpilih memang adalah level yang terbaik. Berikut ini adalah tabel 4.10, yaitu tabel pemilihan level terbaik dari perhitungan rata-rata, S dan SNR.

Tabel 4.10 Pemilihan Level Terbaik untuk Proses Ayak

Kode	Faktor Kontrol	Satuan	Level	Nilai
A	Getaran Mesin	Rpm	2	90
B	Waktu Mengayak	Menit	2	20
C	Berat Gula	Gram	1	100
D	Kerapatan Penutup	Plastik	1	Memakai

Berdasarkan hasil pemilihan level terbaik untuk 4 faktor terpilih, maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan percobaan konfirmasi

berdasarkan faktor yang telah dipilih. Maka akan didapatkan hasil percobaan dan perhitungan rata-rata, S serta SNR pada penjelasan tabel 4.11

Tabel 4.11 Jumlah Cacat pada Proses Ayak Tanggal 28-30 Jan 2007

No.	Jumlah Cacat (%)	X_i^2	Deviasi	Deviasi ²
1	4.41	19.4481	-0.98	0.9604
2	5.26	27.6676	-0.13	0.0169
3	4.06	16.4836	-1.33	1.7689
4	6.57	43.1649	1.18	1.3924
5	7.05	49.7025	1.66	2.7556
6	5.41	29.2681	0.02	0.0004
7	4.39	19.2721	-1	1
8	5.85	34.2225	0.46	0.2116
9	4.76	22.6576	-0.63	0.3969
10	5.5	30.25	0.11	0.0121
11	7.21	51.9841	1.82	3.3124
13	5.64	31.8096	0.25	0.0625
14	4.56	20.7936	-0.83	0.6889
15	5.17	26.7289	-0.22	0.0484
17	5.49	30.1401	0.1	0.01
19	5.28	27.8784	-0.11	0.0121
20	4.83	23.3289	-0.56	0.3136
21	6.79	46.1041	1.4	1.96
23	7.27	52.8529	1.88	3.5344
24	4.39	19.2721	-1	1
25	5.41	29.2681	0.02	0.0004
27	4.29	18.4041	-1.1	1.21
28	5.28	27.8784	-0.11	0.0121
29	4.19	17.5561	-1.2	1.44
30	5.06	25.6036	-0.33	0.1089
Total	161.73	897.48		25.59
Mean	5.39			

Sumber : Pengamatan Langsung

$$\text{Rata-rata} = \frac{\sum \text{percobaan}}{n} = \frac{4.41 + 5.26 + \dots + 4.19 + 5.06}{30} = 5.39\%$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}} = \sqrt{\frac{(4.41 - 5.39)^2 + (5.26 - 5.39)^2 + \dots + (5.06 - 5.39)^2}{30}}$$

$$= \sqrt{0.853} = 0.9236\%$$

$$\text{SNR} = -10 \text{Log} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) = -10 \log \frac{1}{30} (4.41^2 + 5.26^2 + \dots + 5.06^2) = -14.76 \text{ dB}$$

Tabel 4.12 Jumlah Cacat pada Proses Ayak Tanggal 24-26 Sept 2007

No.	Jumlah Cacat (%)	X_i^2	<i>Deviasi</i>	<i>Deviasi</i> ²
1	6.95	48.303	-1.26	1.5876
2	7.11	50.552	-1.1	1.21
3	6.71	45.024	-1.5	2.25
4	9.49	90.06	1.28	1.6384
5	8.93	79.745	0.72	0.5184
6	7.98	63.68	-0.23	0.0529
7	11.52	132.71	3.31	10.9561
8	7.57	57.305	-0.64	0.4096
9	8.66	74.996	0.45	0.2025
10	6.98	48.72	-1.23	1.5129
11	9.61	92.352	1.4	1.96
12	10.39	107.95	2.18	4.7524
13	9.24	85.378	1.03	1.0609
14	11.56	133.63	3.35	11.2225
16	8.41	70.728	0.2	0.04
17	6.11	37.332	-2.1	4.41
18	7.79	60.684	-0.42	0.1764
19	5.98	35.76	-2.23	4.9729
20	7.49	56.1	-0.72	0.5184
21	9.17	84.089	0.96	0.9216
22	6.64	44.09	-1.57	2.4649
23	7.81	60.996	-0.4	0.16
24	6.19	38.316	-2.02	4.0804
25	12.21	149.08	4	16
26	8.49	72.08	0.28	0.0784
28	7.47	55.801	-0.74	0.5476
29	6.73	45.293	-1.48	2.1904
30	9.29	86.304	1.08	1.1664
Total	246.25	2102		80.72
Mean	8.21			

Sumber : Pengamatan Langsung

$$\text{Rata-rata} = \frac{\sum \text{percobaan}}{n} = \frac{6.95 + 7.11 + \dots + 6.73 + 9.29}{30} = 8.21\%$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{80.72}{30}} = \sqrt{2.69} = 1.64\%$$

$$\text{SNR} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) = -10 \log \frac{1}{30} (6.95^2 + 7.11^2 + \dots + 9.29^2) = -18.77 \text{ dB}$$

$$\text{Nilai Target} = t = 6\%$$

$$\text{Toleransi} = \Delta = 12\%$$

$$\text{Biaya Mengayak dalam 1 bulan} = \text{Rp. } 1.296.000,00$$

$$\text{Proses Mengayak dalam 1 bulan} = 108.000 \text{ gr}$$

$$\text{Biaya Penolakan per Mengayak} = \frac{\text{Rp. } 1.296.000,00}{108.000 \text{ gr}}$$

$$L(x) = \text{Rp. } 12,- / \text{ gr}$$

$$k = \frac{L_o}{\Delta^2} = \frac{\text{Rp. } 12,-}{12^2} = \text{Rp. } 0.0833,-$$

LF sebelum percobaan Taguchi dan besarnya kerugian yang ditimbulkan sebelum melakukan percobaan Taguchi.

$$L(x) = 0,0833[1,64^2 + (8,21 - 6)^2] = 0,0833[4,15] = \text{Rp. } 0,35$$

$$\text{Total Kerugian untuk } 108.000 \text{ gr gula } \textit{Crispy Cream} = \text{Rp. } 0,35 \times 108.000 \text{ gr} \\ = \text{Rp. } 37.800,00$$

LF setelah percobaan Taguchi dilakukan dan besarnya kerugian yang ditimbulkan setelah melakukan percobaan Taguchi.

$$L(x) = 0,0833[0,9236^2 + (5,39 - 6)^2] = 0,0833[1,225] = \text{Rp. } 0,102$$

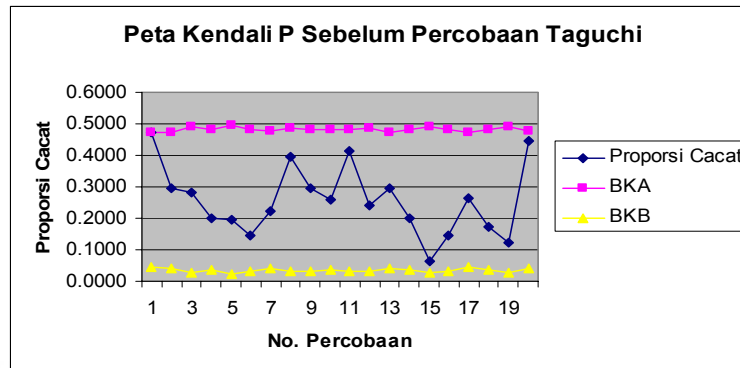
$$\text{Total Kerugian untuk } 108.000 \text{ gr gula } \textit{Crispy Cream} = \text{Rp. } 0,102 \times 108.000 \text{ gr} \\ = \text{Rp. } 11.016,00$$

Maka didapatkan besar LF tiap proses pengayakan adalah sebesar Rp. 0.102 dan total kerugian yang terjadi setiap bulan untuk proses pengayakan 108 kg adalah Rp. 11.016,00.

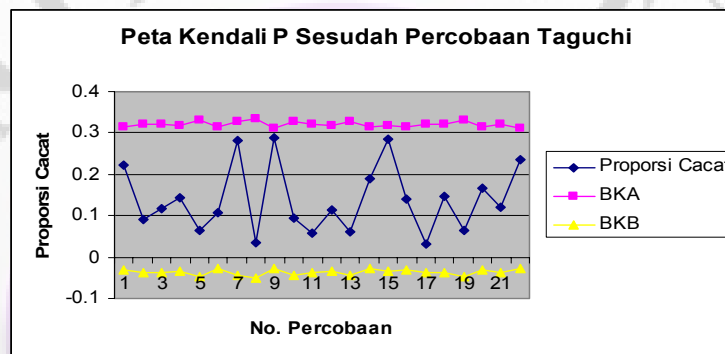
Setelah itu dilakukan perhitungan untuk mengetahui selisih antara kerugian sebelum dan sesudah percobaan Taguchi adalah kerugian sebelum percobaan Taguchi sebesar Rp. 37.800,00 dikurangi kerugian sesudah percobaan Taguchi Rp. 11.016,00, maka selisih kerugian

adalah sebesar Rp. 26.784,00. Dari selisih kerugian tersebut, maka didapatkan persentase penurunan kerugian setelah percobaan Taguchi = $\frac{\text{Rp. } 26.784}{\text{Rp. } 37.800} * 100\% = 70.86\%$. Hal ini

menunjukkan besarnya biaya yang dapat dihemat dalam bentuk persentase apabila perusahaan menggunakan faktor dan level yang terpilih berdasarkan percobaan Taguchi.



Gambar 4.4 Peta Kendali P Untuk Proporsi Cacat Sebelum Percobaan Taguchi



Gambar 4.5 Peta Kendali P Untuk Proporsi Cacat Sesudah Percobaan Taguchi

Dari gambar peta kontrol p di atas, terlihat bahwa tidak ada data yang keluar dari batas kontrol bawah dan atas, berarti proses pengayakan gula *crispy cream* yang menghasilkan kegagalan pengayakan masih dalam batas kendali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://library.usu.ac.id/modules.php?op=modload&name=Downloads&file=index&req=getit&lid=58>
- [2] <http://digilib.petra.ac.id/ads-cgi/viewer.pl/jiunkpe/s1/tmi/2001/jiunkpe-ns-s1-2001-25497051-198-taguchi-chapter2.pdf?setmode=tppijb100#page=2>

- [3] Roy, Ranjit., *A Primer On The Taguchi Method.*, Michigan : American Supplier Institute, 1991.
- [4] Bagchi, Tapan. P., *Taguchi Methods Explained : Practical Steps to Robust Design.*, Prentice-Hall of India, 1993.
- [5] Modul Praktikum Pengendalian Kualitas, Jurusan Teknik Industri, Univ. Trisakti.
- [6] Peace, Glen S., *Taguchi Methods A hands on Approach*, Addison Wesley Publishing Company, Canada, 1993.
- [7] Ross, Philip J., *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, McGraw-Hill.2 2d., New York, 1996.

- [8] Belavendram, N., *Quality by Design : Taguchi Techniques for Industrial Exsperimentation*, Prentice Hall, New York, 1991.
- [9] Sudjana., *Desain dan Analisis Eksperimen*, "Tarsito" : Bandung, 1980.
- [10] Gaspersz, Vincent., *Metode Analisis untuk Peningkatan Kualitas.*, PT. Gramedia Pustaka Utama, 2003.
- [11] Kuswandi, *Delapan Langkah Dan Tujuh Alat Statistik Untuk Peningkatan Mutu Berbasis Komputer*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 2004.
- [12] Nurgiyantoro, Burhan. dkk., *Statistik Terapan untuk Penelitian Ilmu-ilmu Sosial.*, Gadjah Mada University Press, 2002.
- [13] Ariani, Dorothea., *Manajemen Kualitas.*, Universitas Atmajaya Yogyakarta, 1999.
- [14] Walpole, Ronald., *Pengantar Statistik.*, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama, 1993.
- [15] Winter, Eric., *Taguchi Methods in The Injection Molding Industry*, A Course Final Project., INDE 524., Student #0139026, 2003.
- [16] Anggara Hayun Anujprana, ST, MT., "Penerapan Metode Taguchi Untuk Perbaikan Kualitas Proses *Fuel Tank* Guna Mendapatkan Parameter Optimum Pada *Welding* 1B (Studi Kasus di PT.X)", Dosen Teknik Industri Universitas Bina Nusantara, *Proceedings* Seminar Rekayasa Kualitas 2007.
- [17] Oktavia Kahar, dkk., "Usulan Peningkatan Kualitas Proses *Welding* Untuk Produk *Damper Case* Tipe K164 Dengan Menggunakan Metode Taguchi di PT. Showa Indonesia Manufacturing", *Proceedings* Seminar Manajemen Kualitas V, 2001.
- [18] Pudji Astuti, dkk., "Penggunaan Metode Taguchi Dalam Menentukan *Setting Optimal* Pada Mesin *Cotton Carding* Untuk Peningkatan Benang TC₃₅₋₄₅ di PT. Argo Pantes Tbk.", *Proceedings* Seminar Nasional Manajemen Kualitas V, 2001.
- [19] Puspo Utomo dan Dina Natalia Prayogo, "Studi Perbandingan antara metode Taguchi dan Metode Shainin dalam Optimasi Parameter Proses Produksi untuk Peningkatan Kualitas", *Proceedings* Seminar Manajemen Kualitas V, 2001.
- [20] Wawan Kurniawan., "Usulan Perbaikan Kualitas Proses Pembuatan Kertas Budaya Dengan Metode Taguchi di PT. X", Dosen Teknik Industri Universitas Trisakti, *Proceedings* Seminar Rekayasa