

PENGUJIAN SETTING MESIN BALL MILL PADA PRODUK MA0700101 DENGAN PENDEKATAN SPC DAN METODE TAGUCHI DI PT LUCKY INDAH KERAMIK TANGERANG

Sachbudi Abbas Ras¹, Andhika Aziz Prasetyo²
^{1,2}Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Esa Unggul
Jalan Arjuna Utara No. 9, Kebon Jeruk, Jakarta
andhika.aziz@yahoo.com

Abstrak

PT Lucky Indah Keramik Tangerang merupakan perusahaan swasta yang bergerak dalam sektor industri keramik. Produk yang dihasilkan adalah jenis piring dan mangkuk. Masalah yang terjadi adalah masih belum optimalnya *setting* mesin *ball mill* yang diduga sangat berpotensi sebagai penyebab utama terjadinya *defect* afkir. Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan *tools Statistical Process Control (SPC)*, *defect* yang sering terjadi terdapat pada jenis mangkuk MA0700101 dengan kemampuan proses berada pada 3.29 sigma level. Untuk mendapatkan settingan mesin *Ball Mill* yang optimal, penelitian dilakukan dengan metode Taguchi. Setelah dilakukan pengolahan data secara statistik terhadap hasil eksperimen, didapatkan settingan mesin *Ball Mill* yang optimal yaitu Lama Pengadukan disetting selama 15 jam, Kecepatan Putar disetting pada 20 RPM, Kapasitas Air disetting sebanyak 4000 Liter, dan Total *Ball Stone* disetting sebanyak 3850 buah.

Kata kunci: *Statistical process control, metode taguchi, setting mesin optimal.*

Pendahuluan

Semakin ketatnya persaingan bisnis yang disebabkan oleh perkembangan dunia yang semakin global dan juga muncul pemain-pemain baru, menuntut setiap perusahaan untuk terus berlomba-lomba melakukan berbagai perbaikan dalam aspek di dalamnya, demi bertahan dan menjadi yang terbaik. Disamping nuansa yang kompetitif, tantangan lain yang harus di hadapi oleh dunia industri adalah tuntutan dari pelanggan. Untuk mencapai kepuasan bagi pelanggan yang optimal, produk yang berkualitas merupakan syarat utama. Dengan menghasilkan produk yang berkualitas baik maka akan tercapai kepuasan pelanggan, jika di lihat dari sisi *internal* perusahaan juga akan mendapatkan berbagai keuntungan yakni peningkatan efisiensi, efektifitas dan produktivitas serta tentu saja penghematan biaya.

PT Lucky Indah Keramik Tangerang adalah perusahaan yang bergerak dibidang keramik yang memfokuskan pada produk-produk rumah tangga seperti piring yang terbuat dari tanah liat. Rata – rata produksi pada PT Lucky Indah Keramik yaitu sekitar 7,5 juta pcs per bulan dengan rata – rata *defect* sekitar 4%.

Adapun jenis – jenis produk yang dihasilkan oleh PT Lucky Indah Keramik Tangerang yaitu jenis *elegant* dan jenis *common*, dimana perbedaan antara kedua jenis produk ini hanya pada warna glasir yang dihasilkan. Pada

kedua jenis produk tersebut terdapat jenis – jenis *defect* yang harus diminimalkan, jenis – jenis *defect* yang ada pada pembuatan produk tersebut sangat bervariasi yaitu sumbing, kurang matang, retak bawah, retak pinggir, bintik hitam, glasir rusak, afkir dan lain –lain. Tetapi pada semua jenis *defect* yang dihasilkan jenis afkir yaitu yang tidak bisa digunakan lagi atau menjadi *scrap* (produk yang dibuang) sehingga dapat merugikan perusahaan, jika perusahaan tidak memperkecil persentase *defect* yang dihasilkan maka akan mengurangi profit bagi perusahaan itu sendiri.

Pada jenis – jenis produk yang dihasilkan PT Lucky Indah Keramik Tangerang jenis *common* merupakan jenis yang paling banyak menghasilkan *defect* afkir, dan pada jenis *common* ini model MA0700101 merupakan model yang paling banyak menghasilkan *defect* afkir jika dibandingkan dengan model – model *common* lainnya.

Salah satu cara untuk menekan persentase cacat harus dikendalikan dari awal proses hingga akhir proses sehingga mendapatkan hasil yang optimum. Upaya – upaya perbaikan yang dilakukan pada PT Lucky Indah Keramik khususnya untuk menekan tingkat kecacatan sudah sering dilakukan, berawal dari *trial and error* menjadi suatu metode yang digunakan berproduksi. Ini dikarenakan pada dua tahun sebelumnya PT Lucky Indah Keramik khususnya pada departemen bahan baku memiliki settingan mesin *ball mill* yang berbeda dengan

sekarang yang digunakan. Untuk itu penulis berupaya membandingkan antara settingan mesin yang digunakan sekarang dengan settingan mesin yang digunakan sebelumnya agar dapat mencari solusi yang optimum.

Identifikasi Masalah

Adapun upaya – upaya perbaikan yang dilakukan PT Lucky Indah Keramik untuk menekan *defect rate* masih belum memberikan hasil yang optimal antara lain *setting* mesin *ball mill* yang diduga sangat berpotensi sebagai penyebab utama terjadinya *defect* akhir, sehingga sangat diperlukan *setting* mesin yang tepat untuk dapat mengoperasikannya.

Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *setting* mesin optimal yang dapat menghasilkan hasil yang optimum
2. Memberikan pertimbangan ilmiah kepada pihak perusahaan untuk dapat mengatasi masalah yang terjadi pada saat ini.

Manfaat dari analisa yang dilakukan adalah:

1. Sebagai masukan dan dapat meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan melalui penurunan jumlah *defect*.
2. Dengan analisa yang telah dilakukan diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perusahaan mengenai permasalahan yang terjadi.
3. Dengan kualitas yang semakin baik diharapkan kepuasan konsumen akan semakin meningkat.

Landasan Teori

Statistical Process Control

Produk diciptakan untuk memenuhi permintaan konsumen, maka produk harus diproduksi dengan suatu proses yang stabil (*stable*) dan dapat diulang (*repeatable*). Lebih tepatnya, proses harus *kapabel* untuk beroperasi dengan variabilitas yang kecil di sekitar dimensi nominal atau target dari karakteristik kualitas tersebut. Disinilah peran Pengendalian Proses Statistikal muncul. *Statistical Process Control (SPC)* atau Pengendalian Proses Statistikal adalah seperangkat alat pemecahan masalah yang baik, berguna dalam mencapai stabilitas proses dan memperbaiki kapabilitas melalui pengurangan variabilitas.

SPC ini dapat diaplikasikan pada berbagai proses. Ketujuh alat utamanya (*seven tools*) adalah:

1. *Flow Chart*
2. Histogram

3. Check sheet
4. Pareto Chart
5. *Cause-and-Effect Diagram*
6. Scatter Diagram
7. Control Chart

Meskipun alat-alat ini seringkali disebut “*the magnificent seven*” sebagai bagian penting dari SPC, namun pada dasarnya hanya membentuk aspek teknikal saja. SPC dibangun didalam lingkungan yang didalamnya terdapat semua individu dalam organisasi yang menginginkan perbaikan berkesinambungan dalam kualitas dan produktivitas. Lingkungan tersebut adalah yang terbaik untuk dikembangkan bila manajemen terlibat dalam proses perbaikan kualitas yang sedang berjalan. Sekali lingkungan tersebut telah diwujudkan maka aplikasi dari “*the magnificent seven*” menjadi bagian dari cara yang biasanya dalam melakukan bisnis dan organisasi secara baik berada pada jalurnya untuk mencapai berbagai tujuan perbaikan kualitasnya.

Peta kendali (*control chart*) akan menjadi suatu alat pemecahan masalah dan perbaikan proses yang baik serta paling efektif bila penggunaannya diintegrasikan secara penuh dalam suatu program SPC yang komprehensif.

Ketujuh alat pemecah masalah SPC harus secara luas diajarkan pada seluruh organisasi dan digunakan secara rutin untuk mengidentifikasi peluang perbaikan dan membantu dalam mengurangi variabilitas dan menghilangkan pemborosan.

Metode Taguchi

Metode taguchi dicetuskan pertama kali oleh Dr. Geinichi Taguchi pada tahun 1949 pada saat mendapat tugas memperbaiki sistem komunikasi di jepang. Ia memiliki latar belakang ilmu teknik dan juga mendalami statistika serta matematika tingkat lanjut, sehingga ia dapat menggabungkan antara teknik statistika dengan ilmu pengetahuan keteknikan. Metode tersebut ditemukan untuk memenuhi informasi yang akurat saat percobaan besar yang tidak mungkin dilakukan.

Dr. Geinichi Taguchi mengemukakan tiga konsep yang sederhana dan mendasar, yaitu:

1. Kualitas harus didesain kedalam produk, sehingga yang diutamakan bukanlah keharusan suatu inspeksi melainkan peningkatan kualitas.
2. Pencapaian kualitas terbaik adalah dengan meminimasi deviasi produk dari suatu nilai target. Produk harus didesain sedemikian rupa sehingga tidak terpengaruh oleh faktor-faktor lingkungan yang tidak terkontrol.

- Biaya kualitas harus diukur berdasarkan pada fungsi deviasi terhadap nilai standar dan kerugian diukur secara keseluruhan.

Konsep taguchi dibuat dari penelitian W.E Deming bahwa 85% kualitas buruk diakibatkan oleh proses manufaktur dan 15% dari pekerja. Kemudian ia mengembangkan sistem manufaktur yang “robust” atau tidak sensitif terhadap variasi harian dan musiman dari lingkungan, mesin, dan faktor-faktor luar lainnya.

Dasar metode taguchi juga berasal dari dua premis berikut ini:

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

Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas adalah hasil suatu proses yang berkaitan dengan kualitas. Karakteristik yang terukur menurut taguchi dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu (J.H. Lochner and J.E. Matar 1990. *Designing for Quality*. ASQC Quality Press):

1. *Smaller is better*

Merupakan karakteristik kualitas dimana semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik. Nilai S/N untuk jenis karakteristik *smaller is better* adalah:

$$S/N = -10(\log(\sum Y^2/n))$$

2. *Larger the better*

Merupakan karakteristik kualitas dimana semakin besar nilainya, maka kualitas semakin baik. Nilai S/N untuk jenis karakteristik *larger is better* adalah:

$$S/N = -10(\log(\sum (1/Y^2)/n))$$

3. *Nominal is best*

Merupakan karakteristik kualitas dimana ditetapkan suatu nilai nominal tertentu., dan jika nilai S/N mendekati nilai nominal tersebut maka kualitasnya semakin baik. Nilai S/N untuk jenis karakteristik *nominal is best* adalah:

<p>Nominal is best $S/N = -10(\log(s^2))$</p> <p>Nominal is best (default) $S/N = 10(\log((\bar{Y}^2)/s^2))$</p>
--

Dalam menganalisa hasil eksperimen, Taguchi juga menggunakan metode ANOVA (*Analysis of Variance*), dimana ada hasil perhitungan mengenai jumlah kuadrat total, jumlah kuadrat rata-rata, jumlah kuadrat faktor, dan jumlah kuadrat *error*.

Analisis Varians pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. Analisis Varians adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varians yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan.

Langkah-langkah melakukan uji ANOVA adalah:

1. Perumusan Hipotesis

✓ Untuk faktor A:

$H_0 : A_1 = A_2 = \dots = A_i = 0$ (Faktor A tidak berpengaruh secara signifikan terhadap respon)

$H_1 : \text{Paling sedikit ada satu } A_i \neq 0$ (Faktor A berpengaruh secara signifikan terhadap respon)

✓ Untuk faktor B:

$H_0 : B_1 = B_2 = \dots = B_j = 0$ (Faktor B tidak berpengaruh secara signifikan terhadap respon)

$H_1 : \text{Paling sedikit ada satu } B_i \neq 0$ (Faktor B berpengaruh secara signifikan terhadap respon)

✓ Untuk faktor C:

$H_0 : C_1 = C_2 = \dots = C_k = 0$ (Faktor C tidak berpengaruh secara signifikan terhadap respon)

$H_1 : \text{Paling sedikit ada satu } C_i \neq 0$ (Faktor C berpengaruh secara signifikan terhadap respon)

✓ Untuk faktor D:

$H_0 : D_1 = D_2 = \dots = D_l = 0$ (Faktor D tidak berpengaruh secara signifikan terhadap respon)

$H_1 : \text{Paling sedikit ada satu } D_i \neq 0$ (Faktor D berpengaruh secara signifikan terhadap respon)

✓ Untuk interaksi AB:

$H_0 : AB_{11} = \dots = AB_{ij} = 0$ (interaksi antar faktor A dan B tidak berpengaruh secara signifikan terhadap respon)

$H_1 : \text{Paling sedikit ada satu } AB_{ij} \neq 0$ (interaksi antara faktor A dan B berpengaruh secara signifikan terhadap respon).

2. Pemilihan salah satu taraf α

Tingkat signifikansi atau ketelitian yang merupakan probabilitas yang kita gunakan untuk mencegah terjadinya kesalahan. Nilai α yang biasa digunakan yaitu 0.05

Analisa dan Interpretasi Hasil Percobaan

3. Daerah kritis

Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel(\alpha, dof, error)}$

Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan tahapan-tahapan yang sudah diterapkan terlebih dahulu sebelum pemecahan masalah yang dihadapi. Tujuan dilakukannya metodologi penelitian ini untuk membuat penelitian lebih terarah dan juga akan membuat penganalisaan yang dilakukan terhadap masalah lebih mudah. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Sistematika dan Metode Analisa

Pengolahan data yang dilakukan berguna untuk mendapatkan pemecahan masalah-masalah yang dihadapi oleh perusahaan. Setelah data-data yang dibutuhkan telah terkumpul, maka dapat dilakukan pengolahan data dengan urutan sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan produk dan proses produksi pembuatan piring dan membuat *flowchart*.
2. Mengidentifikasi jenis-jenis cacat dan memilih cacat yang paling signifikan dari proses produksi.
3. Menggunakan *pareto chart* untuk mengetahui jumlah cacat terbesar dari bulan nopember 2007 sampai dengan bulan april 2008 beberapa tipe produk yang dihasilkan. Pada dasarnya *pareto chart* digunakan untuk menginterpretasikan jumlah cacat berdasarkan besarnya jumlah cacat yang timbul secara menurun dari sisi kiri (jumlah cacat terbesar) sampai ke sisi kanan (jumlah cacat terkecil). Dengan *pareto chart* akan diketahui cacat mana yang menjadi prioritas untuk perbaikan atau penanganan.
4. Menggunakan *pareto chart* untuk mengetahui jumlah cacat terbesar dari beberapa tipe produk yang dihasilkan selama bulan April 2008.
5. Perhitungan peta kendali p yang sesuai sebelum perhitungan kemampuan proses dan percobaan taguchi, jika ada diluar batas kendali maka dilanjutkan dengan melakukan revisi pada peta kendali yang masih berada diluar batas (*out of control*) kendali sampai seluruh prosesnya berada didalam batas kendali (*in control*), adapun tahap-tahap perhitungan peta kendali yaitu:
 - ❖ Menentukan banyaknya unit yang diperiksa
 - ❖ Menentukan jumlah unit yang cacat
 - ❖ Menentukan proporsi cacat

$$p = \frac{x_i}{n_i}$$

Dimana: X_i : jumlah cacat

N_i : jumlah unit yang diperiksa

- ❖ Menghitung batas kendali peta kendali p
 - a). Menentukan *center line* pada peta kendali p dengan menggunakan formula:

$$\bar{P} = \frac{\sum x_i}{\sum n_i}$$

- b). Menentukan batas atas (*Upper Control Limit*), dengan menggunakan formula:

$$UCL = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n_i}}$$

Jika $UCL > 1$, $UCL = 1$

- c). Menentukan batas bawah (*Lower Control Limit*), dengan menggunakan formula:

$$LCL = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n_i}}$$

Jika $LCL < 1$, $LCL = 0$

6. Untuk mengetahui kemampuan proses atau *index capabilit*) maka perhitungan kemampuan proses menggunakan data dari peta kendali yang telah *in control*, yaitu:
 - a). Defect per Unit (DPU) merupakan jumlah cacat (*defect*) dalam satu unit, dengan menggunakan formula:

$$DPU = \frac{X_i}{n_i}$$

Dimana: X_i : jumlah cacat

N_i : jumlah unit yang diperiksa

- b). *Yield Value* atau nilai Y yaitu sebagai input untuk mencari nilai Z dengan menggunakan tabel distribusi normal.

$$Y = e^{-dpu}$$

Dengan nilai $e = 2.718$

- c). *Z value* atau nilai Z didapat dari tabel distribusi normal dengan memasukkan nilai Y.
- d). Menentukan sigma level yaitu dengan cara menambahkan nilai Z dengan *shift* 1.5 dan akan dapat menentukan level sigma dari proses.

7. Melakukan percobaan taguchi dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a) Identifikasi variabel tak bebas (variabel respon). Variabel respon dari penelitian ini adalah jumlah produk yang cacat (tingkat kecacatan). Berdasarkan variabel tak bebas jumlah produk yang cacat maka karakteristik kualitas yang dipilih dari percobaan ini adalah *smaller the better* yaitu semakin kecil jumlah cacat yang terjadi maka akan semakin baik.

- b) Identifikasi variabel bebas
Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi cacat akhir yaitu mulai dari bahan baku sampai dengan pembakaran.
- c) Menentukan jumlah level dan nilai tiap faktor
Penentuan jumlah level tiap faktor sangat penting dalam mendapatkan hasil percobaan yang lebih akurat dan teliti. Jumlah level tersebut merupakan hasil wawancara dengan pihak perusahaan.
- d) Menentukan interaksi antar faktor
Menentukan interaksi antar faktor yaitu dengan cara wawancara dengan pihak perusahaan apakah ada interaksi antar faktor yang sangat mempengaruhi atau sebaliknya.
- e) Menentukan *Orthogonal Array*
Menentukan *Orthogonal Array* dapat diketahui berdasarkan faktor yang ada dan adanya interaksi, oleh karena itu penentuan *Orthogonal Array* sangat penting untuk dapat menentukan level yang optimal.
- f) Penempatan faktor – faktor dan interaksi dalam *Orthogonal Array*.
Penempatan interaksi pada *orthogonal array* dapat dilakukan dengan bantuan grafik linier.
- g) Persiapan dan pelaksanaan percobaan taguchi
Persiapan percobaan taguchi dilakukan dengan cara randomisasi atau pengacakan terhadap urutan percobaan, pengacakan dilakukan terhadap *noise factor* yaitu proporsi cacat produk.
- h) Perhitungan ANOVA
Perhitungan ANOVA dilakukan untuk mengetahui faktor – faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik kualitas dari produk yang cacat.
- i) Pemilihan Level Terbaik
Pemilihan level yang optimal dari tiap faktor yang dilakukan setelah ditentukan faktor yang berpengaruh secara signifikan. Pemilihan level ini merupakan kesimpulan dari percobaan taguchi dimana didapatkan level – level dari tiap faktor yang paling optimal.

Pengolahan Data dan Analisa

Proses Produksi

Bahan Baku

Proses produksi pada PT Lucky Indah Keramik Tangerang sangat rumit dan kompleks, ini diakibatkan karena pada proses produksi dari awal

hingga akhir memakan waktu yang cukup lama yaitu untuk menghasilkan satu buah produk saja bisa mencapai waktu hingga 8 hari. Waktu yang lama tersebut yang membuat proses produksi yang dilakukan adalah produksi massal.

Proses produksi yang dilakukan PT Lucky Indah Keramik Tangerang yaitu yang terbesar dibandingkan dengan proses produksi yang dilakukan di cimanggis, yaitu mencapai produksi sebanyak 7,5 jutaan piece per bulannya.

Bahan Baku

A. Jenis – Jenis Bahan Baku

Pembagian bahan baku mentah keramik :

1. Berdasarkan asal bahan mentah keramik :
 - a) Bahan mentah keramik alam seperti : Kaolin, lempung, feldspar, kuarsa, pyrophillit, dan sebagainya.
 - b) Bahan mentah buatan seperti : Mullit, SIC, Borida, Nitrida, H_3BO_3 dan sebagainya.
2. Berdasarkan sifat keplastisan bahan mentah keramik:
 - a) Bahan mentah keramik plastis seperti, Ball Clay, Bentonit, Kaolin, dan sebagainya
 - b) Bahan mentah keramik non plastis seperti: feldspar, kuarsa, kapur, dolomite, dan sebagainya
3. Berdasarkan penggunaan bahan mentah keramik
 - a) Bahan mentah keramik untuk pembuatan badan seperti: kaolin, ball clay, dolomite, kapur, kuarsa, feldspar, dan sebagainya.
 - b) Bahan mentah keramik untuk glasir seperti:
 - Bahan mentah untuk peleburan: asam borat, borak, Na_2CO_3 , K_2CO_3 , $BaCO_3$, Pb_3O_4 , dan sebagainya.
 - Untuk bahan *opacificer*: SnO_2 , ZrO_3 , dan lain lain.
 - Bahan pewarna senyawa cobalt, senyawa besi, senyawa nikel, senyawa chrom, dan sebagainya.
4. Feldspar
Ada tiga jenis feldspar yang umum, yaitu:
 1. Kalium Feldspar
 2. Natrium Feldspar
 3. Kalsium Feldspar

Feldspar dalam industri keramik digunakan sebagai fluks, yaitu bahan yang dapat menurunkan titik lebur badan keramik. Titik lunak feldspar dari SK 7 – SK 9 ($1250-1285^\circ C$). Menurut *Geophysical Laboratory* titik lebur feldspar adalah temperatur dimana feldspar berpindah dari keadaan kristalin ke keadaan leburan.

Kalium feldspar banyak digunakan dalam keramik halus, sangat aktif melarutkan bahan kuarsa dan lempung membentuk massa gelas yang sangat

kental. Feldspar jenis ini juga tidak segera berubah bentuk selama pembakaran bahkan diatas titik leburnya. Natrium feldspar juga mempunyai kemampuan melarutkan sama dengan kalium feldspar, tetapi sifat-sifat bahan gelas yang terbentuk tidak terlalu baik. Barang-barang keramik yang mengandung natrium feldspar mudah mengalami perubahan bentuk dan cenderung lebih regas. Kalsium feldspar meningkatkan fluiditas bahan gelas dan menyebabkan perubahan bentuk disamping terbentuknya gelembung.

B. Proses Penghancuran Bahan Baku

Proses penghancuran bahan baku dilakukan pada mesin *crusher*. Tujuannya untuk meningkatkan efektifitas penggilingan. Untuk bahan feldspar, calcite dan dolomite terlebih dahulu dihancurkan dengan alat *jaw crusher* sehingga berukuran 2 mesh.

Kapasitas bahan baku pada PT Lucky Indah Keramik Tangerang sebanyak 100 ton/hari. Bahan baku diambil pada gudang penyimpanan dan ditimbang sesuai dengan formula bahan.

C. Proses Penimbangan Bahan Baku

Setelah bahan baku dihancurkan dengan mesin *jaw crusher* maka proses selanjutnya yaitu proses penimbangan, adapun penimbangan yang dilakukan yaitu:

Total bahan baku: 3500Kg/ *ball mill*

Total air : 4000 liter/*ball mill*

Total Ball Stone: 3850 buah/*ball mill*

Setelah semua formula bahan yang telah ditimbang siap maka digiling dalam *ball mill* untuk dijadikan slip.

D. Proses Penggilingan Bahan Baku

Setelah dilakukan penimbangan bahan baku proses selanjutnya adalah proses penggilingan bahan baku yang dilakukan pada mesin *ball mill* atau mesin molen. Yang berfungsi untuk pencapaian partikel size yang ditentukan

Perbandingan bahan dalam molen antara bahan baku, *ball stone*, dan air adalah 1:1:1. Adapun jumlah ketinggian dari pada isi dalam molen 85% dari volume molen sedang yang 15% ditempatkan oleh udara yang dimaksudkan untuk mengantisipasi kenaikan dari pada volume slip yang dikarenakan adanya proses penumbukan yang disertai timbulnya panas dan tekanan didalam molen.

Bahan yang ada didalam molen mengalami daya suspensi, daya suspensi adalah suatu sifat dari bahan yang memungkinkan bahan itu sendiri dan bahan lain dalam keadaan tersuspensi didalam suatu cairan. Sifat ini sangat berkaitan dengan keplastisan,

kaolin atau *ball clay* berbutir halus akan tetap tertinggal tersuspensi didalam air selama berjam-jam tanpa menunjukkan pengendapan bila kedalaman ditambahkan flokulan seperti asam borak, $MgSO_4$ dan lain-lain, maka terjadi flokulasi (penggumpalan) dengan pengendapan cepat berlangsung.

Kecepatan putar molen atau *ball mill* adalah sekitar 15 RPM, hal ini dimaksudkan agar *ball stone* memiliki pergerakan sudut 45° sampai 60° . Jika pergerakan dibawah 45° maka mengakibatkan kurang sempurnanya proses giling dan memakan waktu lama, sedangkan pergerakan diatas 60° *ball stone* akan menenpel pada dinding. Adapun perputaran molen dengan menggunakan motor yang dibantu dengan *van bell* dan *pulley*. Waktu operasi 15 jam untuk body yang terdiri dari 2 tahap. Tahap pertama membutuhkan waktu 12 jam dan tahap kedua 3 jam, sedangkan pada glasir waktu operasinya selama 33 jam.

Dalam penggilingan *ball stone* yang digunakan mempunyai ukuran yang berbeda yaitu besar, sedang dan kecil.

Ball stone harus ditambahkan pada setiap penggilingan karena *ball stone* dapat aus, keausan *ball stone* untuk body 25 kg dan untuk glasir 35 kg sehingga penambahannya sesuai dengan keausannya (akibat gesekan sesamanya maupun dengan lining stone). Pengecekan jumlah *ball stone* dan presentasinya dicek setiap 6 bulan sekali dengan cara diturunkan dari molen.

Pengisian air didalam proses penggilingan akan menentukan *slip density* (SD) dan fluiditynya. *Slip density* adalah berat jenis dari pada bahan yang mana sangat berkaitan erat dengan air, sedang *fluidity* adalah derajat keenceran dari pada bahan yang sangat tergantung dari sifat bahan mentah. Penentuan ini dapat dilakukan pada saat slip dikeluarkan dari molen. Adapun cara pengecekan *fluidity* dengan mengambil slip dan memasukkan kedalam gelas ukur yang kemudian diletakkan pada alat ukur *Torsion Viscometer* untuk diukur *fluidity*nya.

E. Proses Penampungan Bahan Baku

Setelah melalui proses penggilingan, bahan baku yang masih berbentuk cairan tersebut disimpan di dalam penampungan.

F. Proses Pengepressan Bahan Baku

Setelah tertampung di dalam bak penampungan proses selanjutnya yaitu proses pengepressan yang dilakukan pada mesin *Filter Press*. *Filter Press* merupakan alat untuk membuat *filter cake* yang nantinya akan diolah pada bagian pembentuk, pada *filter press* diharapkan

mengandung air antara 22 – 24%. Mesin *filter press* terdiri dari:

1. Pompa hisap dan membran dengan tekanan maksimum 12 kg/cm².
2. *Rubber Plang*, untuk membentuk hasil press atau tanah kepingan dan penahan *filter clath*.
3. *Filter Clath*, untuk memisahkan bodi slip dengan air.
4. Perangkat hidrolis untuk mendorong dan menahan *rubber plang*.

Prinsipnya adalah memompakan slip dari bak bersih untuk dijadikan *filter cake*, lama waktu pengepressan adalah 2,5 – 3 jam. Misalnya pemompaan dari setiap dari setiap bak bersih dilakukan secara bersamaan dengan bertekanan 100 kg/cm², ketika *pressure* indikator menunjukkan tekanan 100 kg/cm², maka pompa pertama berhenti lalu dilanjutkan oleh pompa kedua dan seterusnya hingga pompa keempat, hal tersebut dimaksudkan agar alat *press* tidak *over load* dan untuk mengatur tersebut maka *filter press* dipasang *otomatic press*.

Filter cake yang terbentuk dari hasil *pressing* mempunyai 11 sampai 12 CHT(*clay Hardness Tester*).

G. Proses Penyimpanan

Hasil yang didapat pada proses bahan baku ini adalah *filter cake* yang mempunyai kekerasan dan keplastisan tertentu. Keplastisan yaitu suatu sifat bahan baku basah yang dapat diberi bentuk tanpa mengalami retak – retak dan bentuk tersebut tetap dipertahankan setelah tenaga pembentuk dilepaskan.

Filter cake yang sudah jadi diletakkan didalam gudang penyimpanan, dimaksudkan agar terjadi pemerataan kadar air. Untuk elegant lamanya penyimpanan 3 sampai 4 hari dengan penandaan dibelah menjadi 4 bagian, sedangkan untuk common 2 sampai 3 hari dengan penandaan menjadi 2 bagian.

Pembentukan

Produk yang dihasilkan dalam pembentukan ini adalah *Green Ware*, pada tahap ini bahan baku yang dipakai adalah tanah kepingan. Dalam tahap ini merupakan proses paling rawan dalam proses pembuatan keramik dimana jika tidak hati – hati maka kerusakan akan sangat banyak karena barang yang dihasilkan mudah rusak dan ketelitian pada tahap ini sangat diutamakan. Pada proses ditahapan pembentukan banyak proses dilakukan secara manual dan membutuhkan keterampilan dan pengalaman yang baik. Pada tahap ini bodi elegant maupun common diperlakukan sama.

A. Pengambilan Tanah Kepingan

Tanah kepingan ini diperoleh dari bagian bahan baku yaitu *filter cake* yang di *ageing* sesuai dengan jenis produk yang diinginkan dan memiliki CHT tertentu pula. Untuk membedakan bahan yang akan digunakan, diberi tanda dengan warna biru yang terbuat dari bahan anelin (bahan kimia tidak berbahaya yang digunakan untuk untuk memberi warna).

B. Pembentukan Tanah Batangan

Setelah diperoleh tanah kepingan maka proses selanjutnya yaitu pembentukan tanah kepingan menjadi tanah batangan dengan menggunakan mesin *pugg mill*. *Pug mill* adalah alat yang digunakan untuk membuat *pugroll* dengan cara menggiling dan memvacumkan tanah kepingan sehingga menjadi *pugroll*.

C. Mesin – mesin Pembentuk *Green Ware*

1. Mesin Potong

Alat ini untuk memotong *pugroll* menjadi *clay piece* yang berguna untuk memudahkan pembentukkan pada mesin *jigger*.

2. Mesin *Jigger*

Merupakan proses pembentukkan barang – barang yang berbentuk lebar dan ceper seperti piring. Pada proses ini dibutuhkan skill/keterampilan dari operator dan membutuhkan ketelitian.

3. Mesin *Jollying*

Proses ini pada dasarnya sama dengan proses *jiggering*, hanya pada proses *jollying mall* berada dibagian dalam cetakan pada barang, barang yang berbentuk cekung seperti cangkir dan mangkuk.

D. Proses *Ageing* (pengeringan) *Green Ware*

Setelah terbentuk menjadi *green ware* proses selanjutnya yaitu proses pengeringan sampai pengurangan kadar air dalam suatu barang hingga mencapai suatu kadar air sisa tertentu melalui penguapan. Prinsipnya tekanan uap air dalam bodi lebih besar dari tekanan uap air sekitarnya. Tujuan pengeringan adalah:

1. Untuk mendapatkan kekuatan/kepadatan kering tertentu agar tidak mudah rusak pada waktu finishing dan transportasi.
2. Mencapai kadar air sisa yang optimum yang jumlahnya sesuai dengan mekanisme proses pembakaran.

Ruang pengeringan ini dilengkapi rak yang berfungsi sebagai tempat diletakkannya cetakan dan sebagai jalur pemanasan bertahap suhu dalam ruangan pengeringan ±70°C, panas dihasilkan dari panas buang glos klin dan heat generator agar panas

tersebar dalam ruangan pengeringan digunakan kipas angin. Pengeringan dilakukan selama 2 sampai 3 jam. Pada akhir shift 3 pengeringan dimatikan hal ini dimaksudkan agar panas didalam ruangan tetap stabil dan cetakan tidak mengalami kejenuhan, shift ketiga memastikan bahwa rak kembali keposisi semula. Sebelum masuk ke shift pertama heat generator dipanaskan 2,5 jam sebelum shift satu.

E. Proses Finishing

Pada tahap ini adalah proses kelanjutan dari proses pengeringan dimana *green ware* dibersihkan atau dihaluskan bagian pinggirnya dengan menggunakan busa basah, hal ini dilakukan agar bagian pinggir *green ware* terbentuk, tidak tajam dan juga dilakukan penyeleksian *green ware* disamping memperbaiki yang masih belum sempurna seperti kasar yang tidak terlalu banyak. Pada proses ini membutuhkan operator yang teliti dan memiliki pengetahuan atas kualitas *green ware*. *Green ware* yang rusak (*reject*) akan menjadi scrab sementara yang baik dilakukan proses selanjutnya yaitu penyusunan diatas lori untuk dibakar didalam *biscuit klin* untuk *double firing*, sedangkan untuk *single firing* dilanjutkan ke proses pengglasiran.

Glafir/Pengontrolan

Proses glafir adalah proses pelapisan bodi keramik dengan slip glafir, agar lebih kuat terhadap kekuatan mekanik, lebih tahan terhadap goresan, lebih tahan terhadap bahan – bahan kimia. Fungsinya sebagai lapisan tipis, keras mengkilap dan biasanya transparan yang merupakan penutup bagian luar dari bodi keramik. Proses ini dilakukan secara manual yaitu dengan cara mengambil *biscuit* dari *conveyor* utama dan dicelupkan ke bak yang berisi slip glafir.

Pembakaran

Keramik berasal dari bahasa yunani yaitu *keramos*, yang berarti api, tungku pemanas, maka definisinya adalah bahan yang dibuat dari lempung atau dicampur bahan – bahan lain yang melalui proses pembakaran. Dalam memproduksi keramik yang paling penting adalah tahapan dalam membakar barang yaitu *pre heating*, *firing* dan *cooling*.

Jenis pembakaran pada produksi barang keramik di PT Lucky Indah Keramik Tangerang menggunakan dua metode yaitu:

a) Single Firing

Proses *single firing* adalah proses pembuatan sampai barang polos dengan menggunakan satu kali pembakaran yaitu pembakaran glafir atau *glost klin*.

Bodi keramik yang sudah dicetak, dikeringkan didalam *Long Tunnel Dryer* (LTD) lalu dimasukkan kedalam *Short Tunnel Dryer* (STD). Proses ini lebih sederhana dibandingkan dengan proses *double firing* dan temperatur *dryer* adalah 70 – 100°C, kandungan air maksimumnya sebanyak 2%.

b) Double Firing

Proses *double firing* adalah proses pembuatan keramik dengan menggunakan dua kali pembakaran sampai barang polos yaitu pembakaran biscuit atau bodi keramik dan pembakaran glafir atau *glost firing*. Sebelum dilakukan proses pembakaran, *green ware* dikeringkan didalam LTD, dikeringkan dalam *dryer* terowongan yang memanfaatkan panas dari lori *saggar* sebelum dibakar biscuit dengan kandungan air maksimum sebesar 3%.

Dekorasi

Fungsi untuk memberikan nilai keindahan dan seni dari barang sehingga Mempunyai nilai tambah pada produk.

Gudang Barang Jadi

Merupakan tempat penyimpanan barang yang sudah di *packing* dan disusun diatas pallet yang siap dipasarkan/dikiri sesuai dengan pesanan.

Pengolahan Data dan Analisa

Penelitian dilakukan setelah terjadi inspeksi pada proses pembakaran, ini dikarenakan pada proses tersebut penyebab terjadinya kecacatan afkir atau tidak dapat digunakan lagi, sehingga material yang mengalami afkir tersebut harus dibuang. Berikut ini adalah persentase kecacatan afkir berdasarkan data masa lalu dari bulan Nopember 2007 sampai dengan April 2008 dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 dibawah ini:

Tabel 1
Persentase kecacatan jenis Common periode
Nopember-April 2008

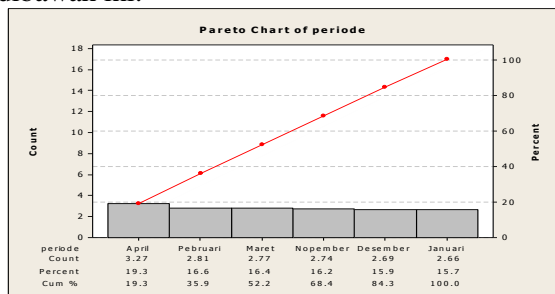
		Common		
No	periode	Jumlah Produksi (pcs)	Jumlah Cacat (pcs)	Persentase
1	Nopember	2507780	74976	2.99
2	Desember	2888698	83018	2.87
3	Januari	2299865	70872	3.08
4	Pebruari	2074095	66999	3.23
5	Maret	1824301	54998	3.01
6	April	1890107	62078	3.28
Total		13484846	412941	3.06

Tabel 2
Persentase kecacatan jenis Elegant periode Nopember-April 2008

Elegant				
No.	periode	Jumlah Produksi (pcs)	Jumlah Cacat (pcs)	Persentase
1	Nopember	4721328	129307	2.74
2	Desember	4557286	122459	2.69
3	Januari	5268834	140394	2.66
4	Pebruari	5431517	152513	2.81
5	Maret	6073370	168516	2.77
6	April	6199120	202717	3.27
Total		32251455	915906	2.84

Berdasarkan data perbandingan diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa produk *Common* lebih mendominasi jumlah persentase cacat dari pada produk *Elegant*, maka penelitian akan difokuskan pada produk *Common*.

Maka apabila tabel 1 digambarkan dalam bentuk diagram pareto akan tampak seperti gambar 2 dibawah ini:



Gambar 1
Diagram pareto jumlah cacat jenis Common periode Nopember-April 2008

Penentuan Produk yang Bermasalah

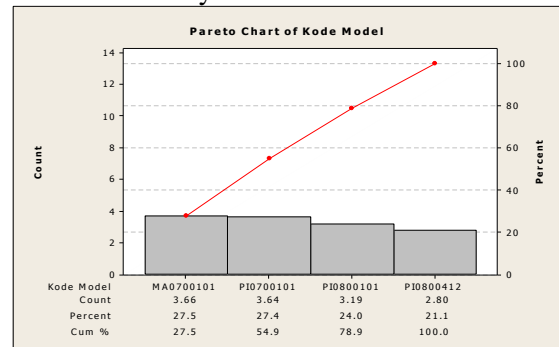
Berikut ini adalah data bulan April dengan jenis-jenis model yang berbeda dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3
Persentase kecacatan model Common selama bulan April 2008

No	Kode Model	Jumlah Produksi (pcs)	Jumlah Cacat (pcs)	persentase
1	MA0700101	199482	7298	3.66
2	PI0700101	270593	9854	3.64
3	PI0800101	1310059	41844	3.19
4	PI0800412	109973	3082	2.80
TOTAL		1890107	62078	3.28

Berdasarkan data pada bulan april 2008 tampak bahwa produk dengan model MA0700101 menunjukkan persentase cacat paling signifikan

dengan jumlah persentase sebesar 3.66. Begitu juga pada gambar 4.3 diagram pareto dibawah ini bahwa model MA0700101 menjadi prioritas pertama jumlah kecacatannya.



Gambar 2
Diagram pareto jumlah cacat jenis model common selama bulan april 2008

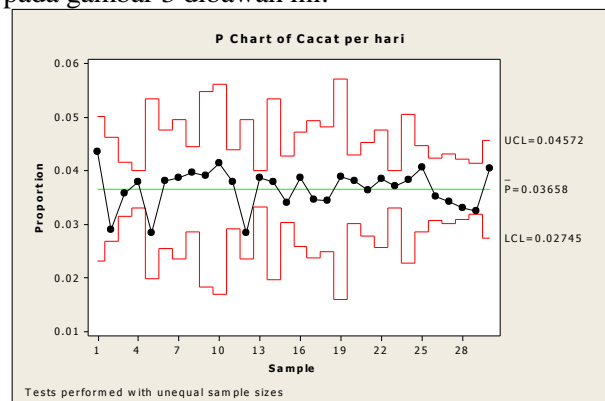
Perhitungan Peta Kendali

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.2 diatas produk yang memiliki jumlah persentase cacat tertinggi adalah pada model MA0700101 yaitu sebesar 3.66%, maka data yang akan digunakan adalah data pada produk MA0700101 selama bulan april.

Data yang akan digunakan adalah data untuk jumlah produksi dan jumlah cacat selama satu hari dan dalam rentang satu bulan.

Perhitungan peta kendali p dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah cacat yang terjadi masih dalam batas kendali atau diluar batas kendali.

Adapun peta kendali p dengan menggunakan software minitab seperti tercantum pada gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3
Peta kendali p produk cacat jenis MA0700101

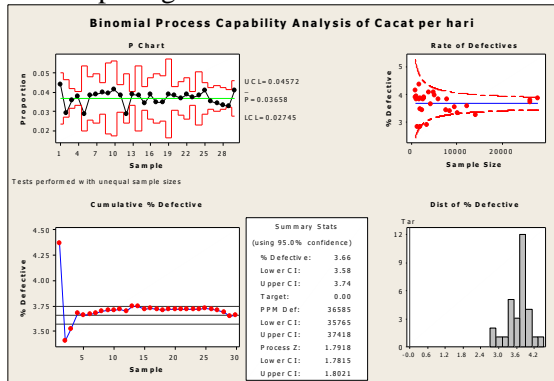
Berdasarkan jenis data yang digunakan adalah data atribut, maka peta kendali yang digunakan adalah peta kendali p. Pada gambar peta kendali diatas dapat dilihat bahwa proses yang terjadi masih berada dalam batas pengendalian, ini dikarenakan semua proporsi cacat per harinya

selama rentang satu bulan berada dalam batas kendali UCL dan LCL.

Kemampuan Proses

Setelah dilakukan pengendalian proses dengan menggunakan peta kendali p, maka dapat diukur kemampuan prosesnya dengan manual ataupun dengan menggunakan *software* minitab.

Adapun pengukuran kemampuan proses dengan menggunakan *software* minitab seperti tercantum pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4
Kemampuan Proses

Berdasarkan data yang dikumpulkan selama satu bulan, didapatkan nilai Z dengan menggunakan tabel distribusi normal (lampiran 6) dengan cara memasukkan nilai Y kedalam tabel distribusi normal dan didapat nilai Z sebesar 1.79. Dan dapat disimpulkan bahwa kemampuan proses berada pada level sigma sebesar 3.29 σ .

Percobaan Taguchi

Adapun langkah – langkah untuk melakukan percobaan taguchi adalah:

1. Menentukan Variabel Tak Bebas

Variabel tak bebas (varabel respon) yang digunakan dalam penelitian ini adalah proporsi cacat yang berupa data atribut dengan karakteristik kualitas *smaller the better*, dengan asumsi semakin sedikit jumlah produk yang cacat akan semakin baik kualitasnya.

2. Identifikasi Faktor – faktor yang berpengaruh

Untuk mengidentifikasi faktor – faktor yang berpengaruh terhadap *defect* akhir yaitu dengan cara mengetahui alur proses produksi dari awal proses hingga akhir proses berlangsung, sehingga didapatkan faktor – faktor yang mempengaruhi terjadinya *defect* akhir.

Setelah mengidentifikasi faktor – faktor penyebab maka perlu dilakukan penyebaran kuisisioner dengan tujuan untuk menentukan faktor yang paling berpengaruh terbesar terhadap

terjadinya *defect* akhir. Dengan mekanisme penyebaran kuisisioner yaitu dengan cara menyebarkan kuisisioner kepada tiap – tiap bagian yang dianggap berpengaruh terhadap jalannya proses produksi. Adapun responden yang dianggap berpengaruh terhadap jalannya proses produksi yaitu bagian *Quality Control*, bagian Pembentukan, kepala produksi, bagian bahan baku, bagian *maintenance*, bagian PPIC, dan bagian *Engineering*. Setelah kuisisioner penelitian telah terisi oleh semua responden maka dilakukan pengolahan data kuisisioner dengan menggunakan teknik *Quality Matrix* atau sering dikenal dengan diagram matrix yang tercantum pada tabel 4:

Tabel 4

Diagram Matrix penyebab terjadinya cacat akhir

Quality Matrix		Pihak - Pihak yang Terkait dengan kualitas								
		Bagian Quality Control	Bagian Pembentukan	Kepala Produksi	Bagian Bahan Baku	Bagian Maintenance	Bagian PPIC	Bagian Engineering	Area Score	Proporsi Pengaruh terhadap defect
Faktor - faktor yang mempengaruhi terjadinya cacat akhir	Glost Kiln	5	4	3	4	3	3	4	26	0.1733
	Proses Glasir	3	3	3	4	3	3	3	22	0.1467
	Biscuit Kiln	3	4	3	3	4	2	3	22	0.1467
	Proses Pembentukan	4	4	4	4	4	4	5	29	0.1933
	Material Handling	3	3	3	3	2	2	2	18	0.12
	Proses Penggilingan	4	5	5	4	5	5	5	33	0.22

Nilai-nilai yang diberikan untuk setiap faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *defect* akhir pada diagram matriks diatas merupakan hasil pengisian setiap responden yang berkompeten untuk menilai tingkat pengaruh terjadinya *defect* tersebut, misalnya bagian *Quality Control* memberikan nilai bahwa faktor *glost kiln* merupakan faktor yang paling sangat berpengaruh terhadap penyebab terjadinya *defect* akhir begitu juga pada bagian pembentukan berpendapat bahwa proses penggilingan merupakan yang sangat berpengaruh terjadinya *defect* akhir.

Berdasarkan hasil perhitungan dari diagram matrix diatas proses penggilingan merupakan proses yang paling berpengaruh terhadap terjadinya *defect* akhir. Pada proses penggilingan tersebut didapatkan settingan mesin *ball mill* yang mempengaruhi hasil dari proses giling tersebut, ini dikarenakan adanya upaya – upaya perbaikan secara *trial and error* oleh bagian *quality control* pada mesin *ball mill* tersebut. Oleh karena itu penulis ingin mencari solusi yang optimum dari upaya – upaya perbaikan yang dilakukan oleh bagian QC dengan cara membandingkan antara proses yang dilakukan sekarang dan proses sebelumnya pada pembuatan bodi maupun glasir yaitu:

- ❖ Lama Pengadukan
- ❖ Kecepatan putar
- ❖ Kapasitas air
- ❖ Total *ball stone*

3. Menentukan Jumlah Level dan Nilai Tiap Faktor.

Jumlah level yang digunakan pada pembuatan bodi maupun glasir adalah sebanyak 2 level. Faktor dan masing – masing level untuk bodi seperti tercantum pada tabel 5, sedangkan untuk glasir tercantum pada tabel 6 yaitu:

Tabel 5
Faktor dan level untuk Bodi pada metode Taguchi

Faktor	Level 1	Level 2
Lama Pengadukan (A)	15 jam	18 jam
Kecepatan putar (B)	15 RPM	20 RPM
Kapasitas air (C)	4000 liter/molen	4200 liter/molen
Total <i>Ball Stone</i> (D)	3850 buah/molen	3650 buah/molen

Pada level 1 adalah metode yang digunakan perusahaan sampai saat ini dan pada level 2 adalah metode yang digunakan perusahaan sebelumnya.

Tabel 6
Faktor dan level untuk Glasir pada metode taguchi

Faktor	Level 1	Level 2
Lama Pengadukan (A)	33 jam	42 jam
Kecepatan putar (B)	15 RPM	20 RPM
Kapasitas air (C)	4000 liter/molen	4200 liter/molen
Total <i>Ball Stone</i> (D)	3850 buah/molen	3650 buah/molen

4. Identifikasi Adanya Interaksi Antar Faktor.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya faktor yang berinteraksi maka dilakukan wawancara dengan bagian QC, produksi dan bagian yang lainnya. Adapun hasil wawancara tersebut yang telah dilakukan yaitu bahwa adanya interaksi antar sesama faktor yaitu antara faktor lama pengadukan dengan kecepatan putar, sedangkan faktor – faktor yang lainnya tidak memiliki interaksi satu sama lainnya.

5. Pemilihan *Orthogonal Array*

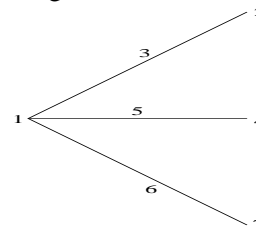
Karena terdapat 4 faktor dan terjadi 1 interaksi dalam percobaan taguchi maka *orthogonal*

array yang digunakan adalah L8 karena ingin diketahui hasil dari semua percobaan taguchi.

6. Penempatan Faktor – Faktor dan Interaksi dalam *Orthogonal Array*.

Penempatan faktor – faktor pada *orthogonal array* L8 untuk percobaan ini dilakukan dengan bantuan grafik linear. Grafik linier untuk *orthogonal array* dapat dilihat pada gambar 4.5, pada gambar tersebut terdapat 3 titik yang berpusat pada satu titik. Titik yang berada antara pusat dengan ujung titik merupakan kolom untuk interaksi.

Dalam percobaan ini baik untuk pembuatan bodi maupun pembuatan glasir terdapat 4 faktor yaitu lama pengadukan, kecepatan putar, kapasitas air, dan total *ball stone*. Untuk lama pengadukan ditempatkan pada kolom 1, kecepatan putar pada kolom 2, kapasitas air pada kolom 4, dan total *ball stone* pada kolom 7. Sedangkan interaksi antar faktor diletakkan pada kolom 3. adapun grafik linier dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini yaitu:



Gambar 5
Grafik Linier

Penempatan faktor pada *orthogonal array* pada bodi maupun glasir yang menggunakan desain L8 pada percobaan taguchi dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini:

Tabel 7
Penempatan faktor pada kolom *orthogonal array* L8

Trial	A	B	A X B	C	Unused	Unused	D
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

Dengan menggunakan software Minitab, maka bentuk *orthogonal array* dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini, yaitu:

	C1	C2	C3	C4
	Lama Pengadukan	Kec. Putar	Kap. Air	Total Ball Stone
1	1	1	1	1
2	1	1	2	2
3	1	2	1	2
4	1	2	2	1
5	2	1	1	2
6	2	1	2	1
7	2	2	1	1
8	2	2	2	2
9				

Gambar 6

Penempatan Orthogonal array dengan Minitab

7. Persiapan dan Pelaksanaan Percobaan Taguchi.
Tahapan persiapan untuk melakukan percobaan taguchi adalah menentukan faktor yang tidak dapat dikendalikan yaitu *noise factor*. Pada percobaan taguchi ini *noise factor* untuk jenis bodi yaitu proporsi cacat untuk produk yang bermasalah selama delapan bulan kebelakang, sedangkan untuk glasir digunakan proporsi cacat harian selama delapan hari selama bulan April.

Setelah ditetapkan urutan percobaan, maka percobaan taguchi dapat dilakukan dan hasil dari percobaan tersebut dianalisa untuk mengetahui faktor – faktor yang berpengaruh terhadap kualitas produk untuk memperoleh setting yang optimal dengan melakukan perhitungan hasil percobaan.

Adapun hasil urutan percobaan taguchi dengan memasukkan proporsi cacat selama periode bulan september 2007 hingga bulan april 2008 dapat dilihat pada tabel 8 dibawah ini, yaitu:

Tabel 8
Urutan percobaan dan Noise Factor

Trial	A	B	A X B	C	D	Noise Factor
1	1	1	1	1	1	0.03783
2	1	1	1	2	2	0.0436
3	1	2	2	1	2	0.03966
4	1	2	2	2	1	0.02842
5	2	1	2	1	2	0.03815
6	2	1	2	2	1	0.03569
7	2	2	1	1	1	0.02906
8	2	2	1	2	2	0.03865

8. Melakukan Eksperimen Taguchi

Dalam melakukan eksperimen kali ini dapat dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab ataupun dengan perhitungan manual. Pada perhitungan yang dilakukan analisis taguchi berdasarkan S/N ratio yang memungkinkan bahwa setting level yang optimal.

A. Untuk jenis Bodi

Untuk perhitungan eksperimen taguchi jenis bodi dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 9
Perhitungan manual eksperimen taguchi jenis bodi

Tri al	Lama Pengadukan (A)	Kecepatan putar (B)	Kapasitas air (C)	Total Ball stone (D)	AXB	Noise	Y ²	S/N
1	15	15	4000	3850	1	0.03783	0.0018	27.51
2	15	15	4200	3650	1	0.0436	0.0009	30.12
3	15	20	4000	3650	2	0.03966	0.0013	28.84
4	15	20	4200	3850	2	0.02842	0.0016	28.24
5	18	15	4000	3650	2	0.03815	0.0009	30.53
6	18	15	4200	3850	2	0.03569	0.0014	28.42
7	18	20	4000	3850	1	0.02906	0.0016	27.93
8	18	20	4200	3650	1	0.03865	0.0013	28.74

Tabel 10
Analisis S/N ratio untuk jenis bodi

Analisis S/N	Lama Pengadukan (A)	Kecepatan putar (B)	Kapasitas air (C)	Total Ball stone (D)	A X B	
Level	1	28.67665225	29.1420462	28.70050958	28.02287931	28.571623
	2	28.90113021	28.43573626	28.87727288	29.55490315	29.006159

Berdasarkan perhitungan untuk jenis bodi diatas dapat disimpulkan berdasarkan nilai S/N ratio dengan karkarakteristik *smaller is better* bahwa lama pengadukan berada pada level 1, kecepatan putar

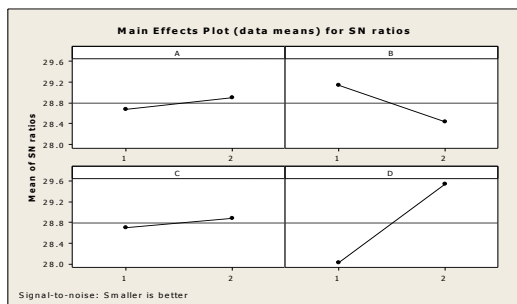
berada pada level 2, kapasitas air berada pada level level 1, dan total *ball stone* berada pada level pertama.

Ini berarti setting optimal pada percobaan taguchi yaitu lama pengadukan selama 15 jam dengan kecepatan putar pada 20 RPM sedangkan kapasitas air yang digunakan yaitu sebanyak 4000 liter/molen dan total ball stone yang digunakan sebanyak 3850 buah per molen.

Adapun penyelesaian eksperimen dengan menggunakan software Minitab dapat dilihat pada gambar 4.7, yaitu:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Lama Pengadukan	Kec. Putar	Kap. Air	Total Ball Stone	Noise	SNRA1
1	1	1	1	1	0.03783	28.4433
2	1	1	2	2	0.04360	27.2103
3	1	2	1	2	0.03966	28.0329
4	1	2	2	1	0.02842	30.9275
5	2	1	1	2	0.03815	28.3701
6	2	1	2	1	0.03569	28.9491
7	2	2	1	1	0.02906	30.7341
8	2	2	2	2	0.03865	28.2570

Gambar 7
Hasil eksperimen taguchi jenis bodi dengan software minitab

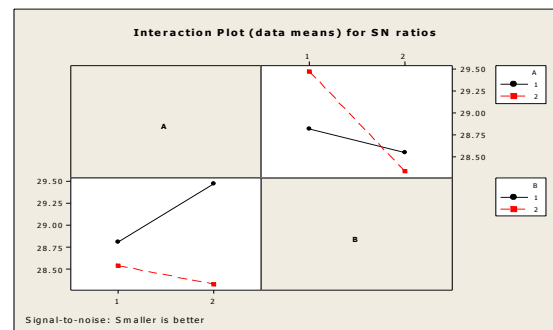


Gambar 8
Grafik S/N ratio

Pada eksperimen dengan menggunakan software minitab dengan karakteristik *smaller is better* terlihat bahwa pada grafik respon

menunjukkan setting optimal tidak terjadi perbedaan dengan perhitungan manual, yaitu lama pengadukan (A) berada pada level 1, kecepatan putar (B) berada pada level 2, kapasitas air (C) berada pada level level 1, dan total ball stone (D) berada pada level pertama.

Ini berarti setting optimal pada percobaan taguchi yaitu lama pengadukan selama 15 jam dengan kecepatan putar pada 20 RPM sedangkan kapasitas air yang digunakan yaitu sebanyak 4000 liter/molen dan total ball stone yang digunakan sebanyak 3850 buah per molen.



Gambar 9
Interaksi Faktor

Sedangkan pada gambar interaksi faktor antara lama pengadukan dengan kecepatan putar terjadi interaksi ini dikarenakan jika kedua faktor ini sangat mempengaruhi output yang dihasilkan yaitu pada partikel size yang mempunyai standart tertentu.

B. Untuk jenis Glasir

Untuk perhitungan eksperimen taguchi jenis glasir dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 11
Perhitungan manual eksperimen taguchi jenis glasir

Trial	Lama Pengadukan (A)	Kecepatan putar (B)	Kapasitas air (C)	Total Ball stone (D)	AXB	Noise	Y ²	S/N
1	33	15	4000	3850	1	0.0436	0.0019	27.21
2	33	15	4200	3650	1	0.0291	0.0008	30.73
3	33	20	4000	3650	2	0.0357	0.0013	28.95
4	33	20	4200	3850	2	0.0378	0.0014	28.44
5	42	15	4000	3650	2	0.0284	0.0008	30.93
6	42	15	4200	3850	2	0.0381	0.0015	28.37
7	42	20	4000	3850	1	0.0386	0.0015	28.26
8	42	20	4200	3650	1	0.0397	0.0016	28.03

Tabel 12
Analisis S/N ratio untuk jenis glasir

Analisis S/N	Lama Pengadukan (A)	Kecepatan putar (B)	Kapasitas air (C)	Total Ball stone (D)	A X B
Level 1	28.8343	29.31062417	28.83597877	28.07061283	28.558876
Level 2	28.89751588	28.42120154	28.89584694	29.66121287	29.17295

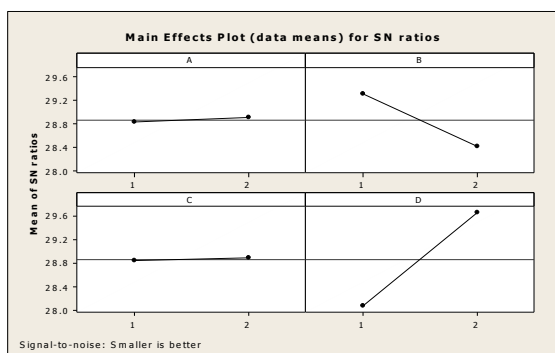
Berdasarkan perhitungan untuk jenis glasir diatas dapat disimpulkan berdasarkan nilai S/N ratio dengan karkateristik *smaller is better* bahwa lama pengadukan berada pada level 1, kecepatan putar berada pada level 2, kapasitas air berada pada level 1, dan total *ball stone* berada pada level pertama.

Ini berarti setting optimal pada percobaan taguchi yaitu lama pengadukan selama 33 jam dengan kecepatan putar pada 20 RPM sedangkan kapasitas air yang digunakan yaitu sebanyak 4000 liter/molen dan total *ball stone* yang digunakan sebanyak 3850 buah per molen.

Adapun penyelesaian eksperimen dengan menggunakan *software* Minitab dapat dilihat pada gambar 10, yaitu:

+	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	A	B	C	D	Noise	SNRA1
1	1	1	1	1	0.04360	27.2103
2	1	1	2	2	0.02906	30.7341
3	1	2	1	2	0.03569	28.9491
4	1	2	2	1	0.03783	28.4433
5	2	1	1	2	0.02842	30.9275
6	2	1	2	1	0.03815	28.3701
7	2	2	1	1	0.03865	28.2570
8	2	2	2	2	0.03966	28.0329

Gambar 10
Hasil ekperimen taguchi jenis glasir dengan software minitab

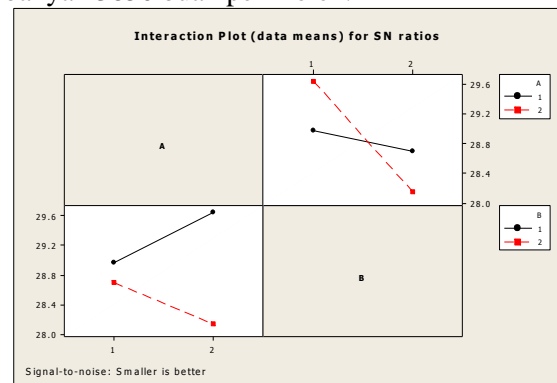


Gambar 11
Grafik S/N ratio

Pada eksperimen dengan menggunakan *software* minitab dengan karkateristik *smaller is better* terlihat bahwa pada grafik respon menunjukkan setting optimal tidak terjadi perbedaan dengan perhitungan manual, yaitu lama pengadukan (A) berada pada level 1, kecepatan putar (B) berada pada level 2, kapasitas air (C)

berada pada level level 1, dan total *ball stone* (D) berada pada level pertama.

Ini berarti setting optimal pada percobaan taguchi yaitu lama pengadukan selama 33 jam dengan kecepatan putar pada 20 RPM sedangkan kapasitas air yang digunakan yaitu sebanyak 4000 liter/molen dan total *ball stone* yang digunakan sebanyak 3850 buah per molen.



Gambar 12
Interaksi Faktor

Sedangkan dapat dilihat pada gambar 12, interaksi faktor antara lama pengadukan dengan kecepatan putar terjadi interaksi ini dikarenakan jika kedua faktor ini sangat mempengaruhi output yang dihasilkan yaitu pada partikel size yang mempunyai standart tertentu.

9. Perhitungan Anova

Analisis Varians pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. Analisis Varians adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varians yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan.

ANOVA dua arah adalah data percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih. Tabel ANOVA dua arah terdiri dari perhitungan derajat bebas, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, F-rasio yang ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 13
Uji ANOVA Jenis Bodi

	Df	SS	MS	F _{hitung}	Persent Contribution	F _{tabel}
A	1	0.1008	0.1008	0.1459	0.0132	18.51
B	1	0.9977	0.9977	1.4440	0.1310	18.51
C	1	0.0625	0.0625	0.0904	0.0082	18.51
D	1	4.6942	4.6942	6.7937	0.6165	18.51
A X B	1	0.3776	0.3776	0.5465	0.0496	18.51
ERROR	2	1.3819	0.6910			
TOTAL	7	7.6148				

Berdasarkan perhitungan ANOVA untuk jenis bodi yang dilakukan, dengan nilai α 0.05 didapatkan nilai F_{tabel} (lampiran 5) sebesar 18.51 dan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- ✓ Untuk faktor A Terima H_0 , karena $0.1459 < 18.51$ yang berarti faktor lama pengadukan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk.
- ✓ Untuk Faktor B Terima H_0 , karena $1.4440 < 18.51$ yang berarti faktor kecepatan putar tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk
- ✓ Untuk Faktor C Terima H_0 , karena $0.0904 < 18.51$ yang berarti faktor kapasitas air tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk
- ✓ Untuk Faktor D Terima H_0 , karena $6.7937 < 18.51$ yang berarti faktor total *ball stone* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk.
- ✓ Untuk interaksi A dan B Terima H_0 , karena $0.5465 < 18.51$ yang berarti interaksi antar faktor A dan faktor B tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk.

Pada persen kontribusi dapat disimpulkan faktor yang berpengaruh sangat signifikan terhadap kualitas produk untuk jenis bodi adalah faktor total *ball stone* dengan nilai persen kontribusi sebesar 0.6165.

Tabel 14
Uji ANOVA jenis Glasir

	Df	SS	MS	F _{hitung}	Persent Contribution	F _{tabel}
A	1	0.0080	0.0080	0.0035	0.0007	18.51
B	1	1.5821	1.5821	0.6931	0.1321	18.51
C	1	0.0072	0.0072	0.0031	0.0006	18.51
D	1	5.0600	5.0600	2.2165	0.4225	18.51
A X B	1	0.7542	0.7542	0.3304	0.0630	18.51
ERROR	2	4.5657	2.2828			
TOTAL	7	11.9772				

Berdasarkan perhitungan ANOVA untuk jenis glasir yang dilakukan, dengan nilai α 0.05 didapatkan nilai F_{tabel} sebesar 18.51 dan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- ✓ Untuk faktor A Terima H_0 , karena $0.0035 < 18.51$ yang berarti faktor lama pengadukan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk.
- ✓ Untuk Faktor B Terima H_0 , karena $0.6931 < 18.51$ yang berarti faktor kecepatan putar tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk
- ✓ Untuk Faktor C Terima H_0 , karena $0.0031 < 18.51$ yang berarti faktor kapasitas air tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk
- ✓ Untuk Faktor D Terima H_0 , karena $2.2165 < 18.51$ yang berarti faktor total *ball stone* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk.
- ✓ Untuk interaksi A dan B Terima H_0 , karena $0.3304 < 18.51$ yang berarti interaksi antar faktor A dan faktor B tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk.

Pada persen kontribusi dapat disimpulkan faktor yang berpengaruh sangat signifikan terhadap kualitas produk untuk jenis bodi adalah faktor total *ball stone* dengan nilai persen kontribusi sebesar 0.4225.

Uji ANOVA dengan menggunakan software Minitab yaitu:

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	0.10078	0.10078	0.10078	0.15	0.739
B	1	0.99775	0.99775	0.99775	1.44	0.352
C	1	0.06249	0.06249	0.06249	0.09	0.792
D	1	4.69419	4.69419	4.69419	6.79	0.121
A*B	1	0.37764	0.37764	0.37764	0.55	0.537
Residual Error	2	1.38192	1.38192	0.69096		
Total	7	7.61478				

Gambar 13

Uji ANOVA dengan minitab untuk jenis bodi

Dari output ANOVA di atas untuk jenis bodi, dapat dilihat bahwa untuk source A dengan nilai $F=0.15$ dan $P\text{ value} = 0.739$. Sedangkan source B dengan nilai $F=1.44$ dan $P\text{ value} = 0.352$ dan source C dengan nilai $F=0.09$ dan nilai $P\text{ value} = 0.792$ dan source D dengan nilai $F=6.79$ dan $P\text{ value} = 0.121$ dan Interaksi antara A dan B nilai $F=0.55$ dengan $P\text{ value}=0.537$. Dari ke empat source di atas tampak bahwa semua $P\text{ value}$ lebih besar dari alpha ($=0,05$) sehingga disimpulkan bahwa keempatnya tidak signifikan berpengaruh terhadap kualitas produk. Bahkan, interaksi di antara ke dua source juga menunjukkan hal yang serupa.

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	0.0079	0.00787	0.00787	0.00	0.959
B	1	1.5839	1.58392	1.58392	0.69	0.492
C	1	0.0070	0.00699	0.00699	0.00	0.961
D	1	5.0609	5.06091	5.06091	2.22	0.275
A*B	1	0.7538	0.75378	0.75378	0.33	0.624
Residual Error	2	4.5639	4.56393	2.28197		
Total	7	11.9774				

Gambar 14

Uji ANOVA dengan minitab untuk jenis glasir

Dari output ANOVA di atas untuk jenis glasir, dapat dilihat bahwa untuk source A dengan nilai $F=0.00$ dan $P\text{ value} = 0.959$. Sedangkan source B dengan nilai $F=0.69$ dan $P\text{ value} = 0.492$ dan source C dengan nilai $F=0.00$ dan nilai $P\text{ value} = 0.961$ dan source D dengan nilai $F=2.22$ dan $P\text{ value} = 0.275$ dan Interaksi antara A dan B nilai $F=0.33$ dengan $P\text{ value}=0.624$. Dari ke empat source di atas tampak bahwa semua $P\text{ value}$ lebih besar dari alpha ($=0,05$) sehingga disimpulkan bahwa keempatnya tidak signifikan berpengaruh terhadap kualitas produk. Bahkan, interaksi di antara ke dua source juga menunjukkan hal yang serupa.

10 Pemilihan Level Terbaik

Pemilihan level terbaik untuk faktor A (lama pengadukan) adalah pada level 1 atau selama 15 jam, sedangkan untuk faktor B (kecepatan putar) sebaiknya diset pada level 2 atau dengan kecepatan 20 RPM, faktor C (kapasitas air) pada level 1 yaitu sebesar 4000 liter, faktor D (total ball stone) berada pada level 1 atau sebanyak 3850 buah. Atau dapat dilihat pada tabel 4.18 dibawah ini adalah:

Tabel 15

Pemilihan level terbaik untuk Bodi	
Faktor	Level Terbaik
Lama Pengadukan	15 jam
Kecepatan putar	20 RPM
Kapasitas air	4000 liter/molen
Total Ball Stone	3850 kg/molen

Tabel 16

Pemilihan level terbaik untuk Glasir	
Faktor	Level Terbaik
Lama Pengadukan	33 jam
Kecepatan putar	20 RPM
Kapasitas air	4000 liter/molen
Total Ball Stone	3850 kg/molen

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengolahan data serta analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yang terkait dengan tujuan penelitian yaitu:

1. Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, produk MA0700101 merupakan produk yang paling sering terjadi cacat akhir atau defect.
2. Setelah dilakukan perhitungan secara statistik dapat diambil kesimpulan proses masih dalam batas kendali secara statistik dengan nilai sigma level sebesar 3.29 atau setara dengan 36585 PPM.
3. Faktor – faktor yang diidentifikasi sebagai faktor yang dapat dikendalikan pada percobaan taguchi adalah lama pengadukan, kecepatan putar, kapasitas air, dan total ball stone. Setelah dilakukan perhitungan dengan metode Taguchi penulis dapat mendapatkan point – point penting hasil eksperimen yaitu:
 - 1) Pada lama pengadukan jika terlalu lama maka akan menghasilkan partikel size dibawah standar yang memungkinkan produk yang dihasilkan akan menurun kualitasnya.
 - 2) Untuk mendapatkan partikel size yang sesuai maka settingan yang tepat yaitu:
 - Lama pengadukan disetting 15 jam
 - Kecepatan putar disetting 20 RPM

Kapasitas air disetting 4000 liter

Total *ball stone* disetting sebanyak 3850 buah.

Saran

Setelah melakukan penelitian, penulis ingin memberikan saran yang diharapkan dapat menjadi masukan yang membangun. Adapun saran – saran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Metode Taguchi ini tidak hanya dilakukan pada mesin *ball mill* sehingga perlu dikaji penggunaan metode taguchi pada mesin – mesin lain yang memerlukan settingan agar mendapatkan settingan optimal.
2. *Tools* yang digunakan pada penelitian kali ini adalah SPC dan *Metode Taguchi*, sehingga perlu dikaji dengan penggunaan *tools – tools* lainnya.
3. Karena pada penelitian ini hanya menggunakan data dengan periode yang cukup pendek maka untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan data dengan periode yang lebih panjang karena semakin banyak data semakin mendekati dengan kondisi yang sebenarnya.

Daftar Pustaka

Bagachi, T. P. (1993). *Taguchi Methods Explained: Practical Steps to Robust Design*. New Dehli: Prentice Hall of India Private Limited.

Feigenbaum, A. V. (1951). *Total quality control 1st editon*. Singapore: McGraw-Hill.

Gasperz, V. (2001). *Total quality management*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. 2001.

Ishak, A. *Rekayasa Kualitas*. Sumatra: Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara.

Juran, J. M. (1957) *Quality Control Handbook*.

Lochner, J.H. & Matar, J.E.(1990). *Designing for Quality*. ASQC Quality Press.

Laboratorium *Quality Control* Jurusan Teknik Industri. *Modul Praktikum Pengendalian Kualitas (2nd edition)*. Jakarta: Universitas Indonusa Esa Unggul. 2007.

Manggala, D. (2005). *Mengenal six sigma secara sederhana*. Bandung: Penerbit ITB. 2005.

Minitab Inc. (2004). *Statistical software version 14.00*. USA: Minitab Inc.

Montgomery, D. C. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control (5th edition)*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Sleeper, A. (2006) *Design for six sigma statistics*. Singapore: McGraw Hill Book Co.

Walpole, R. E. (1995) *Pengantar Statistika (3rd edition)*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.