

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK DAMPER SPEAKER TYPE D-25236 B MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA GUNA MEMINIMALISIR PRODUK CACAT PADA PT. X

¹NIKEN SEKARTAJI, ²BUDI SUMARTONO, DAN ¹BASUKI ARIANTO

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta.

²Program Studi Teknik Industri, Universitas Darma Persada, Jakarta.

ABSTRAK

PT. X merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi produk damper speaker dengan berbagai macam jenis di Indonesia. Salah satu dari sekian banyak jenis damper yang banyak diproduksi adalah damper speaker type D-25236B. berdasarkan hasil observasi yang dilakukan peneliti diketahui bahwa masih banyaknya terjadi jumlah kecacatan pada hasil produksinya sehingga tidak tercapainya target produksi untuk setiap produksinya. Maka disini peneliti akan melakukan pengendalian kualitas menggunakan metode six sigma dengan pendekatan Taguchi untuk meminimalisir produk cacat.

Melakukan pengendalian kualitas untuk mengurangi produk cacat hal yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah melakukan tahap pendefinisian jenis cacat yang sering terjadi pada produksi damper type D-25236B, selanjutnya melakukan perhitungan untuk mengetahui level sigma dari jumlah produk cacat tersebut,. dilanjutkan dengan tahap analisis untuk mengetahui apa-apa saja hal yang menyebabkan suatu kecacatan terjadi. Jenis cacat kritis dan penyebab kecacatannya kemudian diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan pada tahap improve menggunakan metode Taguchi. Hasil dari perbaikan kemudian dilihat pada tahap control apakah jenis cacat yang terjadi setelah perbaikan berada pada batas kendali ataupun tidak.

Hasil dari analisis dan pengolahan data setelah dilakukan perbaikan mengalami peningkatan kearah positif. Hal tersebut dapat dibuktikan dari persentase kecacatan yang sebelumnya sebesar 3,90% menjadi 1,62%. Level sigma yang sebelumnya sebesar 3,48 pada nilai 9.700 DPMO setelah dilakukan perbaikan menjadi 4,10 pada nilai 4600 DPMO.

Kata kunci: Pengendalian Kualitas, Metode Six Sigma, Taguchi Methods

PENDAHULUAN

Pada persaingan bisnis yang semakin ketat terutama dalam bidang manufaktur dan jasa, setiap perusahaan dituntut untuk menghasilkan produk yang jauh lebih berkualitas dibandingkan dengan perusahaan-perusahaan lain yang juga memproduksi produk yang sama. Hal ini mengharuskan sebuah perusahaan mencari berbagai macam cara untuk menarik perhatian dan mendapatkan kepercayaan konsumen. Secara umum, konsumen lebih mengutamakan kualitas produk yang dihasilkan. Agar kualitas produk yang dihasilkan lebih maksimal, diperlukan suatu metode pengendalian mutu untuk meningkatkan kualitas hasil produksi serta menghasilkan hasil produksi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

PT. X merupakan perusahaan *supplier* yang memproduksi Damper dan Dustcap yang berfungsi untuk melengkapi bagian pada sebuah *speaker*, dengan menggunakan sistem manufaktur *make to order* yaitu melakukan proses produksi apabila ada pesanan. Perusahaan ini tidak hanya memproduksi untuk pasar dalam negeri, tetapi juga telah memenuhi pesanan dari luar negeri. Permintaan pasar terhadap hasil produksi dari perusahaan tersebut selalu tinggi, hal ini juga didasari oleh adanya konsumen tetap pada perusahaan ini. Sehingga, kualitas produk yang dihasilkan harus terjaga agar pelanggan merasa puas dan tetap percaya menggunakan produk tersebut. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, bahwa salah satu kendala yang dialami perusahaan adalah sering

terjadinya *defect* pada setiap produksi terutama pada produksi damper dengan *type* D-25236B. Hal tersebut menyebabkan jumlah produk yang dihasilkan sering kali tidak sesuai dengan target produksi, sehingga terhambatnya pemenuhan permintaan konsumen yang kemudian akan memicu turunnya kepercayaan konsumen terhadap perusahaan.

Tujuan utama penelitian ini mengacu yaitu untuk meningkatkan kualitas produk guna meminimalisir jumlah produk cacat. Adapun tujuan lain dari penelitian ini adalah sebagai berikut memahami jenis-jenis cacat produk yang sering terjadi pada produksi damper, menganalisis faktor-faktor penyebab dari cacat produk damper dan menerapkan bagaimana meningkatkan kualitas produk damper menggunakan metode *six sigma* dengan pendekatan Taguchi.

METODE

Kualitas merupakan suatu istilah yang relatif yang sangat bergantung pada situasi. Ditinjau dari pandangan konsumen, secara subjektif orang mengatakan kualitas adalah suatu yang cocok dengan selera (*fitness for use*). Produk dikatakan berkualitas apabila produk tersebut mempunyai kecocokan penggunaan bagi dirinya. Pandangan lain mengatakan kualitas adalah barang atau jasa yang dapat menaikkan status pemakai. Ada juga yang mengatakan barang atau jasa yang memberikan manfaat bagi pemakai (*measure of utility and usefulness*). Kualitas barang atau jasa dapat berkenaan dengan keandalan, ketahanan, waktu yang tepat, penampilannya, integritasnya, kemurniannya, individualitasnya atau kombinasi dari berbagai faktor tersebut (Gasperz, 2001).

Uraian di atas menunjukkan bahwa pengertian kualitas dapat berbeda-beda pada setiap orang pada waktu khusus dimana kemampuannya (*availability*), kinerja (*performance*), keandalan (*reliability*), kemudahan pemeliharaan (*maintainability*) dan karakteristiknya dapat diukur. Dari sudut pandang produsen, kualitas dapat diartikan sebagai

kesesuaian terhadap spesifikasinya (J.M. Juran, 1998).

Menurut Juran adapun pengertian kualitas menurut para ahli adalah sebagai berikut:

- a. kualitas adalah keseluruhan fitur dan karakteristik produk atau jasa yang mampu memuaskan kebutuhan yang terlihat atau yang tersamar.
- b. Kualitas adalah "*conformance to requirement*", yaitu sesuai yang disyaratkan atau distandarkan. Suatu produk memiliki kualitas apabila sesuai dengan standar kualitas yang telah ditentukan.
- c. Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan pasar.
- d. Kualitas suatu produk adalah keadaan fisik, fungsi dan sifat suatu produk bersangkutan yang dapat memenuhi selera dan kebutuhan konsumen dengan memuaskan sesuai dengan nilai uang yang telah dikeluarkan.

Pengendalian Kualitas

Pengendalian dan pengawasan adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjamin kepastian produksi dan operasi yang dilaksanakan sesuai dengan apa yang direncanakan dan apabila terjadi penyimpangan tersebut dapat dikoreksi sehingga apa yang diharapkan dapat tercapai (Sofjan Assauri, 1998). Pengendalian adalah kegiatan yang dilakukan untuk memantau aktifitas dan memastikan kinerja yang sebenarnya yang dilakukan telah sesuai dengan yang direncanakan (Gasperz, 2001).

Tujuan Pengendalian Kualitas

Pengendalian memiliki beberapa tujuan seperti menurut Sofjan Assauri (1998:210), Tujuan utama dari pengendalian kualitas adalah agar spesifikasi produk yang telah ditetapkan sebagai standar dapat tercermin dalam hasil akhir. Tujuan pengendalian kualitas adalah sebagai berikut:

- a. Agar barang hasil produksi dapat mencapai kualitas/mutu yang telah ditetapkan.
- b. Mengusahakan agar biaya inspeksi dapat menjadi sekecil mungkin.

- c. Mengusahakan biaya desain dari produk dan proses dengan menggunakan kualitas produksi tertentu dapat menjadi sekecil mungkin.
- d. Mengusahakan agar biaya produksi dapat menjadi serendah mungkin.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas dipengaruhi oleh faktor yang akan menentukan bahwa suatu barang dapat memenuhi tujuannya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengendalian kualitas menurut (Montgomery, 2001:26) adalah sebagai berikut:

- a. Kemampuan proses, batas-batas yang ingin dicapai haruslah disesuaikan dengan kemampuan proses yang ada.
- b. Spesifikasi yang berlaku, spesifikasi hasil produksi yang ingin dicapai harus dapat berlaku bila ditinjau dari segi kemampuan proses dan keinginan atau kebutuhan konsumen yang ingin dicapai dari hasil produksi tersebut.
- c. Tingkat ketidaksesuaian yang dapat diterima, tujuan dilakukannya pengendalian suatu proses adalah mengurangi produk yang di bawah standar seminimal mungkin.
- d. Biaya kualitas, biaya kualitas dapat mempengaruhi tingkat pengendalian kualitas dalam menghasilkan produk dimana biaya kualitas mempunyai hubungan yang positif dengan terciptanya produk yang berkualitas.

Konsep Dasar Six Sigma

Pada dasarnya pelanggan akan merasa puas apabila mereka menerima nilai yang mereka harapkan. Apabila produk (barang/jasa) diproses pada tingkat kinerja kualitas *six sigma*, perusahaan boleh mengharapkan 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) atau bahwa 99,99966 persen dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada dalam

produk (barang/jasa) itu. (Gasperz dan Fontana, 2011).

Menurut Gasperz (2005) apabila konsep *Six Sigma* akan ditetapkan dalam bidang manufakturing, terdapat enam aspek yang perlu diperhatikan yaitu:

- a. Identifikasi karakteristik produk yang memuaskan pelanggan (sesuai kebutuhan dan ekspektasi pelanggan).
- b. Mengklasifikasikan semua karakteristik kualitas itu sebagai CTQ (*critical-to-quality*) individual.
- c. Menentukan apakah setiap CTQ itu dapat dikendalikan melalui pengendalian material, mesin, proses-proses kerja dan lain-lain.
- d. Menentukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai yang diinginkan pelanggan (menentukan nilai UCL dan LCL dari setiap CTQ).
- e. Menentukan maksimum variasi proses untuk setiap CTQ (menentukan nilai maksimum standar deviasi untuk setiap CTQ).
- f. Mengubah desain produk dan / atau proses sedemikian rupa agar mampu mencapai nilai target *Six Sigma*.

Pengertian Six Sigma

Menurut pendapat Pande (2002) *Six Sigma* adalah sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan dan memaksimalkan sukses bisnis. *Six Sigma* secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap fakta, data, dan analisis statistik, serta perhatian yang cermat untuk mengolah, memperbaiki, dan menanamkan proses bisnis. Menurut Gasperz (2005) *Six Sigma* adalah suatu visipeningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan perjuta kesempatan untuk setiap transaksi produk barang dan jasa.

Metodologi Six Sigma

Berbagai upaya peningkatan menuju target *six sigma* dapat dilakukan menggunakan dua metodologi, yaitu (1) *Six Sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)* dan (2) *Design*

For Six Sigma DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*).

DMAIC digunakan untuk meningkatkan proses bisnis yang telah ada, sedangkan DMADV digunakan untuk menciptakan desain proses baru atau desain produk baru dalam cara sedemikian rupa agar menghasilkan kinerja bebas kesalahan (*zero defects/errors*). DMAIC terdiri atas 5 tahap utama (Gasperz dan Fontana, 2011):

- a. Fase *Define*, dalam fase ini mendefinisikan secara formal sasaran peningkatan proses yang konsisten dengan permintaan atau kebutuhan pelanggan dan strategi perusahaan.
- b. Fase *measure*, mengukur kinerja proses pada saat sekarang (*baseline measurement*) agar dapat dibandingkan dengan target yang ditetapkan. Lakukan pemetaan proses dan mengumpulkan data yang berkaitan dengan indikator kinerja kunci (*key performance indicators*).
- c. Fase *analyze*, menganalisis hubungan sebab akibat berbagai faktor yang dipelajari untuk mengetahui faktor-faktor dominan yang perlu dikendalikan.
- d. Fase *improve*, mengoptimisasikan proses menggunakan analisis-analisis seperti *design of experiments* dan lain-lain, untuk mengetahui dan mengendalikan kondisi optimum proses.
- e. Fase *control*, melakukan pengendalian terhadap proses secara terus menerus untuk meningkatkan kapabilitas proses menuju target Six Sigma.

Tujuh Alat Pengendalian Kualitas

Menurut Heizer dan Render (2006) terdapat tujuh alat bantu statistik yang dapat digunakan untuk mengendalikan kualitas antara lain, yaitu:

- a. Lembar Pemeriksaan (*Checksheet*)
Checksheet atau lembar pemeriksaan merupakan alat bantu pengumpul dan penganalisis data yang disajikan dalam bentuk tabel yang berisi data jumlah barang yang

diproduksi dan jenis ketidaksesuaian beserta dengan jumlah yang dihasilkan. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengadakan analisis masalah kualitas.

- b. Diagram Sebar (*Scatter Diagram*)
Scatter diagram atau juga disebut sebagai peta korelasi adalah grafik yang menampilkan hubungan antara dua variabel apakah hubungan antara dua variabel tersebut kuat atau tidak, yaitu antara faktor proses yang mempengaruhi dengan kualitas produk.
- c. Diagram Sebab-Akibat (*Cause and Effects Diagram*)

Diagram ini disebut juga diagram tulang ikan (*fishbone chart*) dan berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan mempunyai akibat pada masalah yang kita pelajari. Selain itu, kita juga dapat melihat faktor-faktor yang lebih terperinci yang berpengaruh dan mempunyai akibat pada faktor utama tersebut yang dapat kita lihat pada panah-panah yang berbentuk tulang ikan.

Diagram sebab-akibat ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1950 oleh seorang pakar kualitas dari Jepang yaitu Dr. Kaaoru Ishikawa yang menggunakan uraian grafis dari unsur-unsur proses untuk menganalisa sumber-sumber potensial dari penyimpangan proses.

- d. Diagram Pareto (*Pareto Analysis*)
Diagram pareto pertama kali diperkenalkan oleh Alfredo Pareto dan digunakan pertama kali oleh Joseph Juran, diagram pareto adalah grafik balok dan grafik baris yang menggambarkan perbandingan masing-masing jenis data terhadap keseluruhan. Fungsi diagram pareto adalah untuk mengidentifikasi atau menyeleksi masalah utama untuk peningkatan kualitas dari yang paling besar hingga ke yang paling kecil.

e. Diagram Alir (*Flowchart*)

Diagram alir secara grafis menunjukkan sebuah proses atau system dengan menggunakan kotak dan garis yang saling berhubungan. Diagram ini cukup sederhana, tetapi merupakan alat yang sangat baik untuk mencoba memahami sebuah proses atau menjelaskan langkah-langkah sebuah proses.

f. Histogram

Histogram adalah suatu alat yang membantu untuk menentukan variasi dalam sebuah proses. Berbentuk diagram batang yang menunjukkan tabulasi dari data yang diatur berdasarkan ukurannya.

g. Peta Kendali (*Control Chart*)

Peta kendali adalah suatu alat yang secara grafis digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi apakah suatu aktivitas/proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Peta kendali menunjukkan adanya perubahan data dari waktu ke waktu, tetapi tidak menunjukkan penyebab penyimpangan meskipun penyimpangan itu akan terlihat pada peta kendali.

Metode Taguchi

Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi (1940) yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk robust terhadap noise, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*.

Metode Taguchi adalah suatu metodologi untuk merekayasa atau memperbaiki produktivitas selama penelitian dan pengembangan supaya produk-produk berkualitas tinggi dapat dihasilkan dengan cepat dan dengan biaya rendah. Metode Taguchi merupakan metode perancangan yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan

memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya, hal ini diperoleh melalui optimasi produk dan perancangan proses untuk membuat unjuk kerja kebal terhadap berbagai penyebab variasi suatu proses yang disebut perancangan parameter (Syukron, 2013).

Pengendalian kualitas pada metode Taguchi dapat dibagi ke dalam dua tahap yaitu:

a. Pengendalian kualitas "*off line*" terkait dengan aktivitas selama pengebangan produk dan desain proses. Aktivitas yang dilakukan adalah:

- 1) Mengidentifikasi kebutuhan konsumen dan apa saja yang diharapkan oleh konsumen.
- 2) Mendesain produk yang sesuai dengan harapan konsumen.
- 3) Mendesain produk secara konsisten dan secara ekonomi yang menguntungkan.
- 4) Mengembangkan secara jelas dan spesifik dari standar, prosedur dan peralatan.

b. Pengendalian kualitas "*online*" terkait dengan proses selama produksi. Pengendalian kualitas "*online*" berarti memelihara kekonsistenan produk dan proses sehingga meminimumkan variasi.

Penerapan kegiatan pengendalian kualitas dengan menggunakan *off line quality control* pada perusahaan manufaktur dilakukan untuk membuat suatu desain produk dan proses agar dapat mengurangi kemungkinan timbulnya variasi pada produk akibat adanya gangguan dari faktor-faktor yang tidak terkendali. (Belavendram, 1995).

Off-line quality control adalah suatu metode yang berprinsip pada peningkatan mutu dengan meminimalkan pengaruh dari penyebab-penyebab perubahan tanpa menghilangkan penyebab-penyebab itu sendiri. Tiga tahap penting dalam perancangan proses *off-line quality control* (Belavendram, 1995), yaitu:

- a. *System design (primary design)*
- b. *Parameter design (secondary design)*
- c. *Tolerance design (tertiary design)*

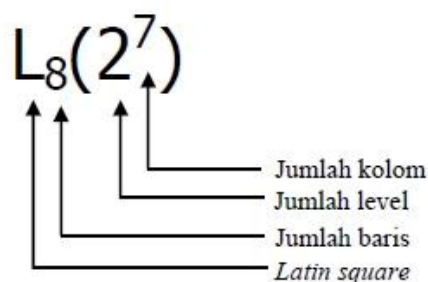
Parameter-parameter yang berpengaruh dalam proses produksi adalah, sebagai berikut:

- Faktor sinyal, yaitu parameter yang diatur untuk menentukan nilai respon produk yang diinginkan.
- Faktor noise (*Uncontrollable factor*), yaitu termasuk faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh perancang atau bobotnya dalam lingkungan sulit atau mahal untuk diselesaikan.
- Faktor kendali (*Controllable factor*), yaitu termasuk parameter yang dapat ditentukan secara bebas oleh perancang dalam nilai terbaik parameter tersebut. Bila nilai tiap faktor terkendali tertentu diubah, maka karakteristik mutu dapat pula diubah.

Orthogonal Array

Orthogonal Array adalah matriks dari sejumlah baris dan kolom. Setiap kolom mempresentasikan faktor atau kondisi tertentu yang dapat berubah dari suatu percobaan ke percobaan lainnya, masing-masing kolom mewakili faktor-faktor dari percobaan yang dilakukan. *Array* disebut *Orthogonal* karena setiap level dari masing-masing faktor adalah seimbang (*balance*) dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam percobaan.

Elemen-elemen matriks disusun menurut baris dan kolom. Baris merupakan keadaan suatu faktor, sedangkan kolom adalah faktor yang dapat diubah dalam eksperimen. Notasi orthogonal array adalah segai berikut:



Gambar 1. Notasi Orthogonal Array

Sumber: Belavendram, 1995

Orthogonal array $L_8(2^7)$ diartikan sebagai *orthogonal array* yang mempunyai 7 faktor dengan 2 level dan eksperimen dilakukan

8 kali. Bentuk standar *orthogonal array* dari Taguchi dijelaskan pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Orthogonal Array standar Taguchi

2 level	3 level	4 level	5 level	Level gabungan
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{23}(5^6)$	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$	-	$L_{32}(2^1 \times 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^{40})$	-	-	$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$	-	-	-	$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$	-	-	-	$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$

Sumber: Belavendram, 1995

Signal-to-Noise Ratio

Signal-to-noise ratio (SNR) adalah logaritma dari suatu fungsi kerugian kudratik dan digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk. SNR mengukur tingkat unjuk kerja dan efek dari

faktor noise dari unjuk kerja tersebut dan juga mengevaluasi stabilitas unjuk kerja dari karakteristik mutu *output*. Taguchi mendefinisikan SN dengan rasio sebagai berikut:

$$SN = \frac{(rata-rata)^2}{Varians}$$

Dalam Taguchi, *Signal to Noise Ratio* (SNR) digunakan sebagai ukuran performa karakteristik kualitas. SNR diturunkan dari *loss function* sehingga ada tiga SNR, yaitu:

- Jenis nominal terbaik atau SNR untuk *nominal the better* (n.t.b)

$$S/N \text{ Ratio}_{(n,t,b)} = 10 \log_{10} \left(\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right)$$

- Jenis semakin besar semakin baik atau SNR untuk *larger the better* (l.t.b), digunakan bilamana karakteristik mutu yang

$$S/N \text{ Ratio}_{(l,t,b)} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

- Jenis semakin besar semakin baik atau SNR untuk *smaller the better* (s,t,b), digunakan bilamana

$$S/N \text{ Ratio}_{(s,t,b)} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

digunakan bila karakteristik mutu mempunyai nilai target tertentu, biasanya bukan nol dan kerugian mutunya simetris pada kedua sisi target. Sehingga SNR nya dapat dihitung dengan rumus:

dikehendaki semakin besar nilainya semakin baik. Dapat dihitung dengan rumus:

karakteristik mutunya tidak negatif, idealnya nol. Dapat dihitung dengan rumus;

ANOVA, digunakan untuk investigasi *simultaneous effects* dari 2 variabel nominal (kedua variabel tersebut disebut *factor*). Kedua faktor tersebut dapat mengambil nilai yang berbeda yang disebut dengan *level*. Kombinasi dari setiap faktor disebut dengan *treatment*. Pengaruh faktor didefinisikan sebagai hasil dari perubahan *level of the factor*, disebut dengan *main effect*.

Pooling Factor

Pooling factor dilakukan untuk mengestimasi variansi *error* pada *Analysis of Variance* (ANOVA). *Pooling factor* dilakukan terus menerus hingga seluruh faktor didapatkan berpengaruh secara signifikan terhadap hasil eksperimen.

Persentase Kontribusi

Menurut Nasrullah (2009), persentase kontribusi merupakan perbandingan masing-masing jumlah kuadrat faktor yang signifikan terhadap jumlah kuadrat total yang diamati. Persentase kontribusi merupakan indikasi kekuatan relatif dalam mereduksi variansi.

Persentase kontribusi dilakukan untuk melihat faktor mana yang memiliki pengaruh terhadap hasil akhir eksperimen terbesar. Pengaruh diwujudkan dalam

Analysis of Variance (ANOVA)

Analysis of Variance atau lebih dikenal dengan istilah ANOVA adalah suatu teknik untuk menguji kesamaan beberapa rata-rata secara sekaligus. Untuk melakukan test ANOVA, dibutuhkan beberapa asumsi, yaitu:

- Populasi yang akan diuji berdistribusi normal.
- Varians/ragam dan populasi yang diuji sama.
- Sampel tidak berhubungan satu dengan yang lainnya.

Dalam pelaksanaan desain eksperimen Taguchi, metode ANOVA digunakan untuk menentukan faktor yang paling berpengaruh ke parameter eksperimen. ANOVA dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

- ANOVA Satu arah (*One-Way*)

ANOVA *One-way* adalah teknik analisis *multivariate* yang berfungsi untuk membedakan rata-rata dari dua atau lebih kelompok dengan cara membandingkan variansinya. Interaksi antar faktor dalam mempengaruhi variabel bebas, dengan sendirinya pengaruh faktor-faktor secara mandiri telah dihilangkan.

- ANOVA Dua arah (*Two-Way*)

ANOVA *Two-way*, juga dikenal sebagai *two-factor*

bentuk persentase, yang mana persentase paling besar adalah faktor yang paling berpengaruh terhadap respon

eksperimen. Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menghitung nilai persentase kontribusi:

$$\text{Rho}\% = \frac{Sq'}{ST} \times 100\%$$

Dimana:

$$Sq' = SS - (V)(MSE\text{-Pooled})$$

V = derajat bebas untuk faktor

MSE-Pooled = hasil kuadrat tengah error setelah pooled faktor yang tidak signifikan

Interval Kepercayaan (*Confidence Interval*)

Confidence interval merupakan nilai maksimum dan minimum di mana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tercakup dengan beberapa

persentase kepercayaan tertentu. Menurut Roy (1990), interval kepercayaan (*Confidence Interval; CI*) dalam analisa hasil eksperimen metode Taguchi memiliki rumus:

$$CI_{SN} = \pm \sqrt{\frac{F_{tabel} \times MSE\text{-Pooled}}{Neff}}$$

Dimana:

F_{tabel} = nilai statistic tabel F dengan tingkat signifikansi α

Neff = Jumlah data yang efektif dari percobaan

MSE-Pooled = Hasil kuadrat tengah Error setelah Pooled faktor yang tidak signifikan.

$$Neff = \frac{\text{Jumlah Total Percobaan}}{1 + \text{total derajat bebas semua faktor yang signifikan}}$$

Penelitian Terdahulu yang Relevan

Ade Irawan, M. Mualif, Rahman (2018), dengan judul "Analisis Pengendalian Kualitas Proses Stamping Part 16334SF Dengan Penerapan Metode Taguchi di PT. Surya Toto Indonesia". Persamaan dengan penelitian ini adalah meneliti tentang bagaimana cara meningkatkan kualitas produk menggunakan pendekatan Taguchi dan menyediakan solusi bagaimana cara untuk meminimalisir jumlah defect produksi. Sedangkan perbedaannya adalah penelitian ini tidak menggunakan metode six sigma.

Andri Suhardi (2009), dengan judul "Pengurangan *Reject Part Painting Plastic* Dengan Metode *Six Sigma*", persamaan dengan penelitian ini adalah sama-sama meneliti tentang bagaimana mengurangi jumlah produk cacat menggunakan metode *Six Sigma* dengan mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya kecacatan dan lain-lain. Sedangkan perbedaannya adalah penelitian ini hanya membahas sampai pada tahap *improve*

dan tidak memberikan saran untuk tahap *control* dalam mengendalikan kualitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. X adalah perusahaan berbasis manufaktur yang didirikan di Cikarang, Indonesia pada tanggal 1 September 1993 dan mulai beroperasi tanggal 1 Juni 1994. Berdiri diatas tanah seluas 4.560 m² dan luas bangunan sebesar 1.512 m², PT X memiliki dua pemegang saham mayoritas dengan bagian masing-masing pemegang saham I sebesar 55% dan pemegang saham II sebesar 45%. Hasil produksi yang dihasilkan oleh perusahaan ini di ekspor ke mancanegara seperti negara-negara di Indonesia, Amerika, Thailand, China dan Slovakia.

PT. X memiliki jumlah pekerja sebanyak 84 pekerja dalam menjalankan kegiatan operasional sehari-hari. Berikut adalah rincian jumlah pekerja dan jenis pekerjaannya yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Karyawan PT. X

Status Karyawan	Pria	Wanita	Total
Penjualan	1	0	1
QC	2	0	2
Depart. Kontrol	4	2	6
Depart. Akunting	2	0	2
Engineering	1	0	1
Produksi	54	12	66
Lain-Lain	4	2	6
Total	68	16	84

Produk yang Dihasilkan

PT. X memproduksi salah satu bagian dari speaker yaitu damper. Damper berfungsi sebagai peredam agar

suara yang dihasilkan speaker tidak bocor atau bias ke segala arah. Bentuk produk damper dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Damper Speaker

Damper speaker berbahan dasar kain yang dicelupkan kedalam campuran cairan ini kualitasnya lebih baik dibandingkan menggunakan bahan dasar karet dan juga lebih murah. Proses produksinya melalui proses manual dan otomatis. Proses manual adalah proses pemindahan material dari stasiun kerja ke stasiun lainnya, proses pemotongan, serta inspeksi. Sedangkan proses otomatisnya adalah proses yang dikerjakan menggunakan mesin disetiap stasiun kerjanya. Karena menggunakan dua proses inilah yang menyebabkan tidak balancenya produksi karena menimbulkan waktu menunggu serta tidak efisiennya proses produksi.

Proses Produksi Damper

Tahapan proses produksi Damper adalah sebagai berikut:

- Pemotongan Kain. Pemotongan kain yang sebelumnya dalam bentuk gulungan panjang menjadi bagian kecil menggunakan alat bantu gergaji tangan (manual).
- Pencampuran Cairan. Berbagai cairan kimia yang dicampurkan agar kain tidak mudah hangus saat

proses press serta memberikan warna pada kain.

- Pencelupan Kain. Proses ini lebih dikenal dengan proses dipping menggunakan mesin Impregnasi. Dengan mesin ini kain yang dicelupkan sekaligus dikeringkan.
- Pemotongan Otomatis. Setelah dicelup lalu kain dipotong menjadi bagian yang lebih kecil lagi menggunakan mesin AP Cutting.
- Proses Press Kain. Kain yang sudah dipotong menjadi bagian kecil lalu di press membentuk damper sesuai tipe yang diminta menggunakan mesin press.
- Proses *Manual Cutting*. Setelah di press, selanjutnya kain dipotong menjadi satuan dengan proses pemotongan manual dibantu alat yang dinamakan *foot press/cutting*.
- Visual Check / Quality Control*. Damper yang sudah menjadi satuan unit kemudian diperiksa apakah masih ada kain atau serat yang ada menggunakan alat bantu penerangan.
- Quality Check / Quality Control*. Damper speaker yang lolos *visual check* kemudian diambil sampel

untuk menentukan apakah kelenturan damper sesuai standar. Jika tidak sesuai, barang dikategorikan NG (*Not Good*) dan harus dibuang.

dan cacat produk Damper *type* D-25236B. Data yang digunakan hanya data hasil produksi selama 3 bulan, yaitu periode juli 2018 sampai dengan September 2018. Berikut ini merupakan data jumlah produksi Damper dan produk cacat periode Juli 2018 sampai dengan September 2018.

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data jumlah produksi

Tabel 3. Jumlah Produksi Dan Cacat Damper *type* D-25236B Juli 2018

Bulan	Hari Ke-	Total Produksi (ni)	Jumlah Cacat (Di)	Bulan	Hari Ke-	Total Produksi (ni)	Jumlah Cacat (Di)
Juli	1	22431	881	Juli	12	22488	814
	2	22440	878		13	22479	873
	3	22489	800		14	22497	889
	4	22471	888		15	22481	884
	5	22494	801		16	22488	877
	6	22487	899		17	22488	893
	7	22484	891		18	22492	892
	8	22495	884		19	22467	801
	9	22479	811		20	22477	884
	10	22473	886		21	22493	898
	11	22485	897				
Total						472078	18221

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa jumlah total produksi damper *type* D-25236B pada bulan Juli 2018 sebanyak

472078 dan jumlah produk cacat sebanyak 18221 dengan persentase kecacatan produksi sebesar 3,85%.

Tabel 4. Jumlah Produksi Dan Cacat Damper *type* D-25236B Agustus 2018

Bulan	Hari Ke-	Total Produksi (ni)	Jumlah Cacat (Di)	Bulan	Hari Ke-	Total Produksi (ni)	Jumlah Cacat (Di)
Agustus	1	22493	877	Agustus	11	22496	879
	2	22495	854		12	22481	879
	3	22486	887		13	22479	880
	4	22479	898		14	22489	884
	5	22491	871		15	22478	865
	6	22495	873		16	22491	889
	7	22477	875		17	22491	880
	8	22483	869		18	22494	891
	9	22488	883		19	22488	889
	10	22476	883				
Total						427250	16706

Pada tabel 4. dapat dilihat bahwa jumlah total produksi damper *type* D-25236B pada bulan Agustus 2018 sebanyak 427250 dan jumlah produk

cacat sebanyak 16706, dengan persentase kecacatan produksi sebesar 3,91%.

Tabel 5. Jumlah Produksi Dan Cacat Damper type D-25236B September 2018

Bulan	Hari Ke-	Total Produksi (ni)	Jumlah Cacat (Di)	Bulan	Hari Ke-	Total Produksi (ni)	Jumlah Cacat (Di)
September	1	22489	864	September	13	22491	897
	2	22491	877		14	22489	877
	3	22494	881		15	22479	878
	4	22487	866		16	22477	887
	5	22479	887		17	22473	891
	6	22486	887		18	22471	889
	7	22488	886		19	22494	887
	8	22495	887		20	22491	887
	9	22488	888		21	22487	885
	10	22469	885		22	22478	898
	11	22472	879		23	22479	877
	12	22483	878				
Total						517130	20318

Pada tabel 5. dapat dilihat bahwa jumlah total produksi damper type D-25236B pada bulan September 2018 sebanyak 517130 dan jumlah produk cacat sebanyak 20318, dengan persentase kecacatan produksi sebesar 3,92%.

Pengolahan Data

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari perusahaan mengenai jumlah produksi dan jumlah produk cacat diatas, maka berikut adalah tahapan-tahapan *six sigma* yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

Define

Tahap *Define* merupakan tahapan awal pada proyek *Six Sigma*. Pada tahap *Define* dilakukan pengamatan dan pendefinisian kondisi eksisting perusahaan untuk mengetahui produk cacat yang akan diperbaiki. Identifikasi produk yang diamati adalah produk Damper type D-25236B yang memiliki jumlah cacat cukup besar pada periode Juli 2018 sampai dengan September 2018.

Tabel 6. Total Produksi dan Cacat Damper type D-25236B Periode Juli - September 2018

Bulan	Total Produksi	Jumlah Produk Cacat
Juli	472078	18221
Agustus	427250	16706
September	517130	20318
Total	1.416.458	55.245

Berdasarkan data pada tabel 6. diketahui bahwa total keseluruhan jumlah cacat yang dihasilkan pada periode Juli 2018 sampai dengan September 2018 cukup besar yaitu sebesar 55.245.

Setelah diketahui jumlah produk cacat yang dihasilkan, maka dapat dilanjutkan ke tahapan-tahapan berikut ini:

Definisi *Critical-to-Quality*(CTQ)

Dari jumlah total produk cacat tersebut, ditentukan *Critical to Quality* (CTQ) yang ditemukan dan menjadikan suatu produk dianggap cacat adalah sebagai berikut:

- 1) Benda Asing (Sampah benang). Adanya sampah benang sisa dari potongan kain yang ikut tercetak bersamaan dengan bahan kain. Jumlah sampah benang selama bulan

Juli sebanyak 4.552, Agustus sebanyak 3.726 dan September sebanyak 4.465.

- 2) Bahan Cetakkan Miring. Bahan kain damper yang dicetak tidak rata disebabkan oleh peletakkan material yang tidak sesuai dengan posisinya. Jumlah produk cacat bahan miring selama bulan Juli sebanyak 2.899, Agustus sebanyak 2.788 dan September sebanyak 2.997.

- 3) Kelenturan dan warna tidak rata. Warna damper tidak merata pada saat proses pres dikarenakan kurangnya waktu pengepressan sehingga bahan yang dipres tidak matang. Jumlah produk cacat kelenturan dan warna tidak merata selama bulan Juli sebanyak 8.021,

Agustus sebanyak 6.217 dan September sebanyak 8.927.

Agustus sebanyak 3.975 dan bulan September sebanyak 3.929.

- 4) Bahan terlalu kecil
 Bahan terlalu kecil mengakibatkan produk yang dihasilkan tidak dengan bentuk yang bulat sempurna, hal ini dikarenakan tidak sesuai ukuran bahan yang harus dipotong. Jumlah produk cacat bahan terlalu kecil pada bulan juni sebanyak 2.749, bulan

Pengumpulan Data Cacat

Berdasarkan data jumlah cacat pada tabel pengumpulan data, maka dapat dirangkum untuk lebih memperjelas jumlah produk cacat yang terjadi setiap bulan berdasarkan jenisnya. Dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 7. Data Cacat Produksi Berdasarkan Jenisnya

Jenis Cacat	Juli	Agustus	September	Jumlah
Sampah benang	4552	3726	4465	12.743
Bahan Miring	2899	2788	2997	8.684
Bahan Kecil	2749	3975	3929	10.653
Kelenturan & warna tidak merata	8021	6217	8927	23.165

Measure

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dengan tingkat ketelitian yang diasumsikan adalah 99% = 0,01 dengan nilai $\delta = 3$. Pada tahap *measure* dilakukan pengukuran dan pengolahan data yang telah didapatkan sebelumnya. Aktivitas yang dilakukan pada tahap *Measure* adalah pembuatan *Control Chart, Pareto Chart*, menghitung

DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan level sigma.

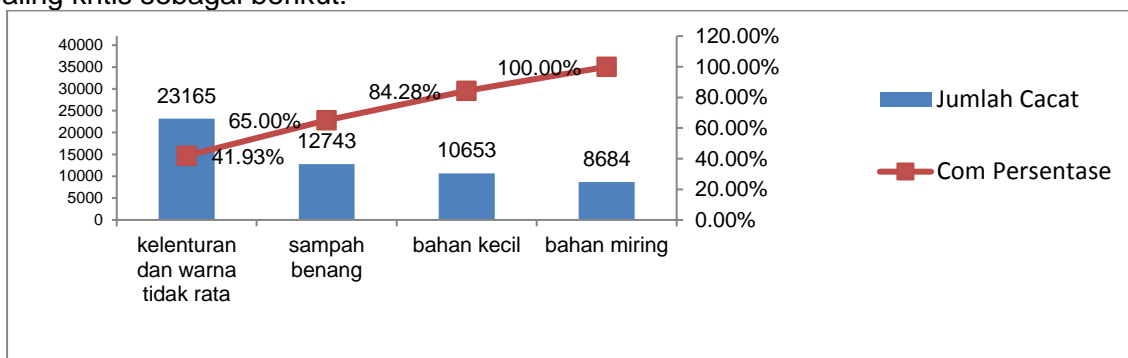
a. Pembuatan *Pareto Chart*

Diagram pareto dibuat untuk menentukan jenis cacat yang paling kritis dan cacat kritis tersebut yang selanjutnya akan dilakukan perbaikan. Jenis cacat yang paling kritis dapat dilihat pada diagram pareto berikut ini:

Tabel 8. Total Jumlah Cacat periode berdasarkan Jenis Juli - Agustus 2018

Jenis Cacat	Jumlah	Persentase	Com Persentase
Kelenturan & Warna tidak merata	23165	41.93%	41.93%
Sampah benang	12743	23.07%	65.00%
Bahan kecil	10653	19.28%	84.28%
Bahan miring	8684	15.72%	100.00%
Total	55245		

Berdasarkan tabel di atas, maka akan dibuat diagram paretonya untuk mengetahui cacat paling kritis sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Jumlah Produk Cacat Periode Juli - Sept 2018

Berdasarkan Gambar 3 di atas dapat diketahui bahwa jenis cacat yang paling sering terjadi adalah jenis cacat kelenturan dan warna tidak rata, dengan demikian dapat dilanjutkan pada pengolahan data berikutnya.

b. Pembuatan *Control Chart*

Peta kendali atau *control chart* berguna untuk melihat apakah ada proses yang menghasilkan variasi terhadap proses produksi, dimana yang dihasilkan apakah melewati batas kendali dari peta kendali, apabila ada proses yang melewati peta kendali tersebut maka proses tersebut dinyatakan memiliki variasi. Peta

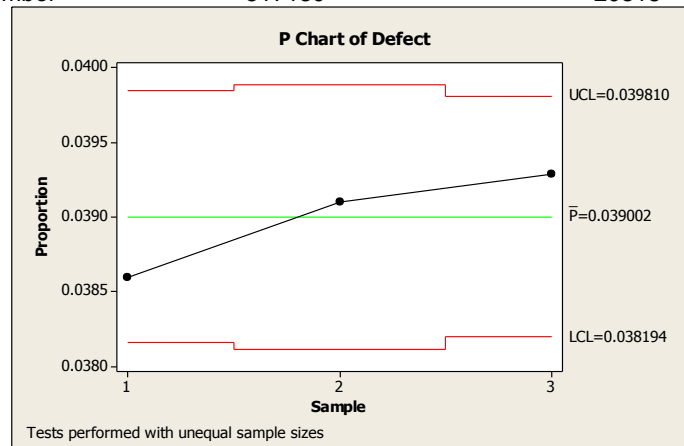
kendali yang digunakan adalah *p-chart* karena data bersifat atribut.

Data atribut umumnya diukur dengan cara dihitung menggunakan daftar pencacahan atau *tally* untuk keperluan pencatatan dan analisis. P dalam *p-chart* berarti "*proportion*", yaitu proporsi unit-unit

yang tidak sesuai (*nonconforming units*) dalam sebuah sampel. Berikut ini merupakan peta kendali p produk cacat periode Juli 2018 sampai dengan September 2018 yang dihitung menggunakan minitab:

Tabel 9. Jumlah Produksi dan Cacat Juli 2018 s.d September 2018

Bulan	Total Produksi	Jumlah Cacat
Juli	472078	18221
Agustus	427250	16706
September	517130	20318



Gambar 4. Peta Kendali P Produk cacat Periode Juli - September 2018

Berdasarkan gambar 4. peta kendali di atas dapat dilihat bahwa tidak ada produk cacat yang melewati batas kendali atas maupun batas kendali bawah. Gambar diatas menunjukkan bahwa tidak ada variasi pada setiap proses, dengan demikian dapat dilanjutkan dengan pengolahan data berikutnya.

- c. Menghitung DPU, DPMO dan level sigma.

Perhitungan DPU, DPMO dan level sigma bertujuan untuk mengetahui cacat per unit, peluang terjadinya cacat jika terdapat satu juta kesempatan dan level sigma proses produksi Koper. Berikut ini merupakan depenelitian langkah-langkah yang dilalui untuk mendapatkan nilai DPU, DPMO dan level sigma:

- 1) *Unit* (U) merupakan jumlah hasil produksi damper pada

$$DPU = \frac{\text{jumlah cacat}}{\text{total produksi}} = \frac{55.245}{1.416.458} = 0,039$$

Sesuai perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa setiap produksi satu hari

$$TOP = U \times OP = 1.416.458 \times 4 \text{ CTQ} = 5.665.832 \text{ pcs}$$

periode Juli 2018 s.d September 2018 sebanyak 1.416.458 Damper.

- 2) *Opportunities* (OP) adalah suatu karakteristik cacat yang kritis terhadap suatu kualitas produk (*Critical To Quality*) yaitu sebanyak 4 jenis kecacatan yang dihasilkan pada proses produksi yaitu adanya sampah benang, warna tidak merata, bahan kecil dan bahan miring.
- 3) *Defect* (D) merupakan kecacatan yang terjadi selama proses produksi damper periode Juli - September 2018 yaitu sebanyak 55.245 Damper cacat.
- 4) *Defect per Unit* (DPU).

damper terdapat kemungkinan kecacatan sebesar 3,9%

- 5) *Total Opportunities* (TOP).

Dari hasil perhitungan diatas dapat diartikan bahwa dalam proses produksi damper terdapat

kemungkinan terjadinya cacat sebesar 5.665.832 pcs.

6) *Defect per Opportunities* (DPO) .

$$DPO = \frac{\text{jumlah cacat}}{\text{total opportunities}} = \frac{55.245}{5.665.832} = 0,0097$$

7) *Defect per Million Opportunities* (DPMO).

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 = 0,0097 \times 1.000.000 = 9700 \text{ DPMO}$$

8) Perhitungan Level Sigma.

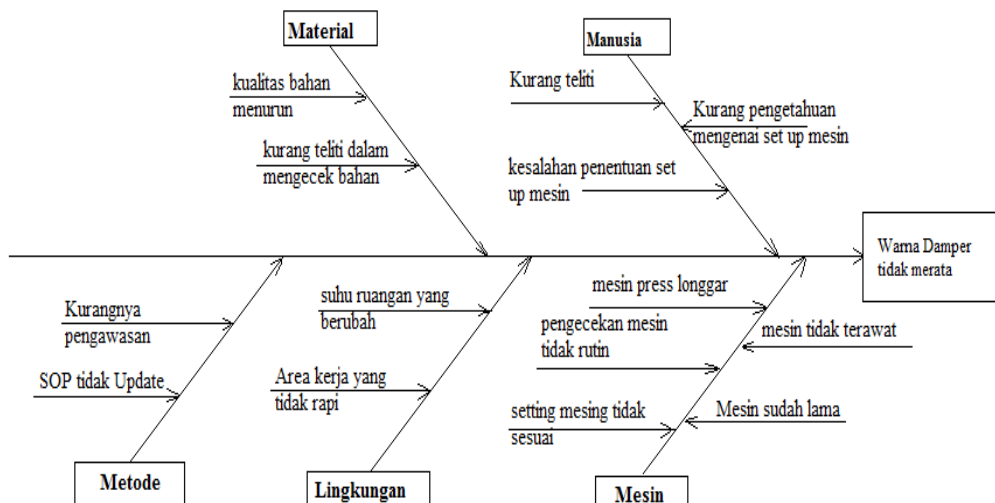
Nilai DPMO yang didapat adalah sebesar 9.700 DPMO. Pada perhitungan nilai sigma, nilai 9.700 berada pada level sigma 3,84.

diagram sebab akibat yang dapat digunakan untuk mengetahui informasi mengenai sebab-sebab suatu masalah dari cacat produk tersebut. Dari hasil analisis menggunakan diagram pareto yang sudah dibuat sebelumnya dan diagram sebab akibat yang menggambarkan hubungan karakteristik kualitas CTQ dan faktor penyebab cacat (CTQ) pada data atribut, maka penelitian ini akan melakukan perbaikan kualitas sehingga akan menyelesaikan masalah kualitas secara efektif dan efisien yaitu dengan berfokus pada cacat yang dapat dikendalikan antara lain dari unsur metode (lama pengepresan, kuat beban press dan temperature mesin press yang digunakan). Penelitian ini tidak akan melakukan *improve* pada semua jenis kecacatan. Hal ini diharapkan dapat melakukan *improve* optimal sehingga dapat menurunkan persentase produk cacat secara signifikan. Berikut diagram sebab akibat dari jenis cacat kelenturan dan warna tidak merata.

Analyze

Tahap *Analyze* merupakan tahap untuk mencari penyebab terjadinya *Defect* (cacat), dimana pada tahap ini akan dicari faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab terjadinya cacat pada bahan Damper. Setelah diketahui karakteristik cacat yang kritis terhadap kualitas produk (*Critical To Quality*) dalam proses produksi Damper tersebut maka selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil diagram pareto, diketahui bahwa jenis cacat yang paling dominan adalah jenis cacat kelenturan dan warna tidak merata sebanyak 41,93%, untuk itu jenis cacat ini yang akan menjadi prioritas utama dalam melakukan pengendalian kualitas. Langkah selanjutnya adalah membuat



Gambar 5. Diagram Sebab-Akibat Warna Damper tidak merata

Improve

Tahap *Improve* adalah suatu fase yang ditunjukkan untuk meningkatkan

elemen-elemen sistem pencapaian sasaran kerja. Pada tahap *Improve* dilakukan untuk melakukan tindakan

perbaikan-perbaikan dalam rangka mengoptimalkan proses. Pada penelitian ini perbaikan proses menggunakan metode *Taguchi* untuk mendapatkan setting level optimal sehingga dapat memenuhi atau melebihi tujuan dari *Six Sigma*. Berikut ini aktivitas yang dilakukan pada tahap *Improved* dengan menggunakan pendekatan Taguchi

Perencanaan Eksperimen

Perencanaan eksperimen dilakukan dengan tujuan menentukan level dan faktor yang diduga mempengaruhi *output* dari eksperimen. Setelah melakukan studi literatur, pengamatan langsung dan wawancara dengan beberapa sumber, faktor yang

mempengaruhi *output* dari penelitian ini adalah temperatur press, waktu press dan kekuatan beban press. Dari ketiga faktor tersebut merupakan faktor yang masih dapat dikendalikan.

a. Penetapan faktor terkendali

Setelah melakukan studi lapangan dan juga wawancara dengan beberapa sumber, faktor-faktor yang mempengaruhi cacat paling kritis pada hasil produksi yaitu kelenturan dan warna tidak merata adalah temperature press, waktu press dan kekuatan beban press. Faktor-faktor utama tersebut merupakan faktor yang dapat dikendalikan (faktor terkendali).

Tabel 10. Faktor Terkendali

No	Faktor Terkendali
1	Waktu Press
2	Kekuatan Beban Press
3	Temperature mesin Press

b. Penentuan jumlah level dan nilai faktor

Penentuan jumlah level dan nilai faktor dilakukan berdasarkan hasil penetapan faktor sebelumnya. Pertimbangan lain untuk menentukan jumlah level dan nilai faktor adalah masih dalam batasan yang bisa ditangani oleh perusahaan sehingga eksperimen tidak akan memberikan kerugian terhadap perusahaan. Karakter yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Smaller the Better*.

Dari aktivitas observasi yang dilakukan, terdapat tiga faktor

terkendali yang dipilih. Setiap faktor masing-masing memiliki 2 level yang akan diuji. Faktor pertama yang akan diuji adalah lama waktu pengepresan dengan nilai level pertama sebesar 4,5 detik dan level kedua 5 detik. Faktor kedua yang akan diuji adalah kekuatan beban press dengan nilai level pertama sebesar 5,5kgf dan level kedua 6kgf. Faktor ketiga yang akan diuji adalah temperature mesin press dengan nilai level pertama sebesar 95,5°C dan level kedua 96°C. Faktor dengan masing-masing nilai level dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 11. Jumlah Level dan Nilai Faktor Eksperimen

Faktor	Level 1	Level 2
A. Waktu pengepresan	4,5 sec	5 sec
B. Kekuatan beban Press	5,5kgf	6kgf
C. Temperature mesin press	95,5°C	96°C

c. Perhitungan Derajat Bebas

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum penelitian yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Perhitungan derajat kebebasan dan kombinasi yang diusulkan nantinya akan mempengaruhi pemilihan dalam tabel matriks orthogonal. Perhitungan derajat

bebas faktor yang diamati pada sebuah percobaan adalah sebagai berikut:

$$V_{fi} = (\text{banyaknya level} - 1)$$

Dalam hal ini, faktor-faktor yang diamati adalah:

Faktor A (Waktu Press)=2 level

Faktor B (Kekuatan Beban Press)=2 Level

Faktor C (Temperature Press)=2 level

Tabel 12. Derajat Bebas Eksperimen

Faktor	Derajat Bebas
A	2 - 1 = 1
B	2 - 1 = 1
C	2 - 1 = 1
Total	3

- d. Pembuatan *Orthogonal Array* – 3 yang berarti matriks orthogonal yang digunakan adalah $L_4(2^3)$ sesuai pada pemilihan *Orthogonal Array* pada tabel 13 :

Tabel 13. Pemilihan Berdasarkan jumlah derajat kebebasan

Jumlah Derajat Kebebasan	Orthogonal Array (OA)
2 - 3	L_4
4 - 7	L_8
8 - 11	L_{12}
12 - 15	L_{16}

Setelah didapat matriks orthogonal kebebasannya, berikut ini matriks yang sesuai dengan derajat Orthogonal Array untuk $L_4(2^3)$.

Tabel 14. Matriks Orthogonal Array $L_4(2^3)$

Eksperimen	Faktor		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Keterangan:

- 1) Eksperimen 1 dilakukan dengan waktu press 4,5 sec, beban press 5,5kgf dan temperature press 95,5°C.
- 2) Eksperimen 2 dilakukan dengan waktu press 4,5 sec, beban press 6kgf dan temperature 96°C.
- 3) Eksperimen 3 dilakukan dengan waktu press 5 sec, beban press 5,5kgf dan temperature press 96°C.
- 4) Eksperimen 4 dilakukan dengan waktu press 5 sec, beban press 6kgf dan temperature press 95,5°C.

Pelaksanaan Eksperimen

Dalam pelaksanaan eksperimen, sejumlah percobaan (*trial*) disusun untuk meminimalkan kesempatan terjadinya kesalahan dalam menyusun level yang tepat untuk percobaan tersebut. Dalam

eksperimen yang dilakukan menggunakan sebanyak 50pcs produk damper dalam setiap eksperimennya, dengan total keseluruhan damper yang digunakan sebanyak 200 pcs.

Tabel 15. Hasil Eksperimen Taguchi

Eksp.	Faktor			Frekuensi		Kumulatif Frekuensi	
	A	B	C	I	II	I	II
1	1	1	1	46	4	46	50
2	1	2	2	49	1	49	50
3	2	1	2	50	0	50	50
4	2	2	1	46	4	49	50

Keterangan:

Tidak cacat = I Cacat = II

$f_{(I)} = 191, f_{(II)} = 9, f_{(I)} = 191, f_{(II)} = 200$

Dari hasil data eksperimen jumlah cacat damper, setting terbaik yang bisa digunakan yaitu faktor A dengan level 2, faktor B dengan level 1 dan faktor C dengan level 2 yang berarti pada saat proses press bahan kain dibutuhkan waktu press selama 5 sec, kekuatan beban press 5,5 kgf dan temperature

mesin press 96°C. Hal tersebut dikarenakan oleh persentase kecacatan paling kecil berada pada setting level tersebut.

Perhitungan Analysis Of Variance (ANOVA)

Ada beberapa tahap dalam melakukan pengolahan data hasil

eksperimen *Taguchi*. Berikut ini adalah tahap-tahap dalam mengolah data hasil eksperimen *Taguchi* dengan Uji Anova:

a. Menghitung *fraction defective* pada setiap kelompok.

$$P_I = \frac{f_I}{f_I + f_{II}} = \frac{f_I}{f_{(II)}} = \frac{191}{200} = 0,955$$

$$P_{II} = \frac{f_{II}}{f_I + f_{II}} = \frac{f_{II}}{f_{(II)}} = \frac{9}{200} = 0,045$$

$$P_{(I)} = 0,955; P_{(II)} = 1$$

b. Menghitung *weight* setiap kelompok.

$$W_I = \frac{f_{(II)}^2}{f_I \times (f_{(II)} - f_I)}$$

$$W_I = \frac{200^2}{191 \times (200 - 191)} = 23,27$$

c. Menghitung *total sum of squares*.

$$S_T = (\text{Total of number measurement}) \times (\text{number of class} - 1)$$

$$S_T = 200 \times (2 - 1) = 200$$

d. Menghitung derajat kebebasan.

$$V_T = (\text{Total of number measurement} - 1) \times (\text{number of class} - 1) \\ = (200 - 1) \times (2 - 1) = 199$$

e. Menghitung nilai *sum of squares due to mean*.

$$S_{mI} = \frac{f_I^2}{f_{(II)}} \times W_I = \frac{191^2}{200} \times 23,27 = 4.244,56$$

$$S_{mII} = \frac{f_{II}^2}{f_{(II)}} \times W_I = \frac{9^2}{200} \times 23,27 = 69,424$$

$$S_m = S_{mI} + S_{mII} = 4.244,56 + 69,424 = 4.313,984$$

f. Menghitung nilai *sum of squares due to factors*.

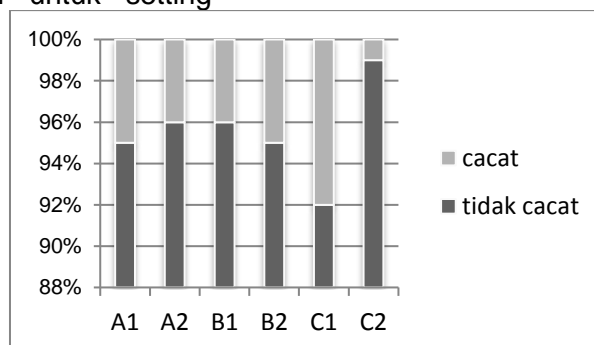
Untuk mencari nilai *sum of squares due to factors*, langkah awal yang harus dilakukan adalah membuat tabel respon untuk faktor:

Tabel 16. Tabel Respon ANOVA Data Atribut

Tidak Cacat (I)	A	B	C
Level 1	95	96	92
Level 2	96	95	99
Cacat (II)	A	B	C
Level 1	5	4	8
Level 2	4	5	1
Selisih Tidak Cacat	96	96	99
Selisih Cacat	4	4	1
Peringkat	2	3	1

Untuk pemilihan level faktor, tergantung pada kelompok mana yang dimaksimalkan (untuk diminimalkan). Pada penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan kelompok cacat, sehingga level faktor yang dipilih untuk setting

optimal yaitu level faktor yang lebih kecil pada kelompok cacat. Jadi, setting optimal yang dipilih adalah faktor A pada level 2, faktor B pada level 1 dan faktor C pada level 2.



Gambar 6. Grafik Respon Pengaruh Faktor

Pada gambar 6 data harus dikumpulkan dengan level faktor. Jadi pada faktor A level 1 kelompok tidak cacat sebesar 95 dan kelompok cacat sebesar 5

dengan total yaitu 100. Secara persentase masing-masing adalah 95% dan 5%. Perhitungan dilakukan untuk semua faktor dan level.

$S_A = \text{Sum of squares due to a factor A}$

$$S_A = \left(\frac{f_{I^2A1}}{n_{IA1}} + \frac{f_{I^2A2}}{n_{IA2}} - \frac{f_{I^2}}{n_{IA}} \right) W_I + \left(\frac{f_{II^2A1}}{n_{IIA1}} + \frac{f_{II^2A2}}{n_{IIA2}} - \frac{f_{II^2}}{n_{IIA}} \right) W_{II}$$

$$= \left(\frac{95^2}{100} + \frac{96^2}{100} - \frac{191^2}{200} \right) 23,27 + \left(\frac{5^2}{100} + \frac{6^2}{100} - \frac{9^2}{200} \right) 23,27$$

$$= 0,2327$$

Untuk perhitungan SB dan SC dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang sama. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 17.

g. Menghitung *the degrees of freedom for a factor*.

Diketahui jumlah kelas adalah 2 yaitu kelompok tidak cacat dan kelompok cacat.

$$V_A = (\text{number of class} - 1) \times (\text{number of levels} - 1) = (2 - 1) \times (2 - 1) = 1$$

Menghitung *sum of squares due to error*.

$$S_e = S_T - (S_A + S_B + S_C)$$

$$= 200 - (0,2327 + 0,2327 + 11,4023) = 188,1323$$

$$V_e = V_T - (V_A + V_B + V_C)$$

$$= 199 - (1 + 1 + 1) = 196$$

h. Menghitung nilai *mean of squares*.

$$MS_A = \frac{S_A}{V_A}$$

$$= \frac{0,2327}{1} = 0,2327$$

Untuk menghitung nilai MSi lainnya dapat menggunakan rumus yang

sama. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 16.

i. Menghitung nilai *F-ratio*

$$F\text{-ratio} = \frac{MS_A}{MSe} = \frac{0,2327}{0,9598} = 0,2424$$

Hasil perhitungan F-ratio lainnya dapat dilihat pada tabel 17.

j. Menghitung *pure sum of squares*.

$$S_A' = S_A - V_A \times MSE = 0,2327 - 1 \times 0,9598 = -0,7271$$

Hasil perhitungan Si' lainnya dapat dilihat pada tabel 17. Anova data hasil eksperimen.

k. Menghitung *percent contribution*.

$$\text{Rho}\% = \frac{S_A'}{S_T} = \frac{-0,7271}{200} = -0,0036 = 0,36\%$$

Perhitungan nilai persentase lainnya dapat dilihat pada tabel 16.

Setelah melakukan semua perhitungan, selanjutnya dibuat tabel *Analysis of Variancenya*:

Tabel 17. ANOVA Data hasil Eksperimen Taguchi

Faktor	Sq	Df	Mq	F-ratio	Sq'	Rho%
A	0,2327	1	0,2327	0,2424	-	-
B	0,2327	1	0,2327	0,2424	-	-
C	11,4023	1	11,4023	11,8798	10,4425	5,22%
e	188,1323	196	0,9598	1		
ST	200	199				100%

Dari tabel ANOVA untuk data atribut diketahui bahwa faktor yang memiliki pengaruh paling signifikan yaitu faktor C (temperature mesin press) terhadap persentase cacat, dimana memiliki perbandingan F-ratio lebih besar dari F-tabel ($F_{0,05;1;196} = 3.89$). Penggunaan taraf nyata dalam eksperimen ini adalah

sebesar 5% merupakan besar batas kesalahan yang akan ditolerir. Pertimbangan menggunakan α 0,05 pada eksperimen ini dirasa cukup karena penelitian ini hanya memiliki waktu yang cukup dalam melakukan penelitian.

I. *Pooling Up*

Pooling up bertujuan agar adanya penghindaran dari estimasi yang berlebihan dan juga menghindari kesalahan pada eksperimen. Pooling up dilakukan pada faktor-faktor yang

mempunyai variansi terkecil (Mq), yaitu faktor A (waktu press) dan faktor B (kuat beban press). Berikut ini perhitungan pooling up faktor A dan faktor B.

$$SS (\text{Pooled } e) = S_e + S_A + S_B = 188,1323 + 0,2327 + 0,2327 = 188,5977$$

$$DF (\text{Pooled } e) = V_e + V_A + V_B = 196 + 1 + 1 = 198$$

$$MS_{\text{Pooled } e} = \frac{SS_{\text{Pooled } e}}{DF_{\text{Pooled } e}} = \frac{188,5977}{198} = 0,9525$$

Tabel 18. ANOVA Data Hasil Eksperimen Setelah Pooling

Faktor	Pool	Sq	Df	Mq	F-ratio	Sq'	Rho%
A	Y	0,2327	1	0,2327			
B	Y	0,2327	1	0,2327			
C		11,4023	1	11,4023	11,9734	10,45	5,22%
e	Y	188,1323	196	0,9598			
Pooled e		188,5677	198	0,9523	1		
ST		200	199				100%

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA untuk data atribut eksperimen Taguchi yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang memiliki pengaruh secara signifikan dalam meminimalkan penyimpangan terhadap hasil eksperimen (F-ratio > F-tabel), atau bisa dikatakan faktor yang bisa memberikan kontribusi paling besar dalam menurunkan persentase cacat pada produk Damper adalah faktor C (Temperature mesin Press) , namun sebenarnya faktor lain juga memiliki pengaruh dan kontribusi terhadap

$$SNR = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{p} - 1 \right)$$

$$pA1 = \frac{5}{100} = 0,05$$

$$SNR_{A1} = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{0,05} - 1 \right) = -12,78$$

Perhitungan selanjutnya menggunakan persamaan yang sama. Hasil dri

persentase cacat tetapi nilainya lebih kecil dibandingkan dengan faktor lain.

Perhitungan Nilai *Signal to-Noise Ratio* (SNR)

Perhitungan nilai SNR bertujuan untuk mengetahui faktor mana saja yang mempengaruhi nilai variansi pada eksperimen ini, SNR yang digunakan dalam penelitian ini yaitu SNR *smaller the better* karena karakteristik kualitas yang diamati yaitu persentase cacat. Berikut perhitungan nilai SNR untuk kelompok cacat pada faktor A dan level 1:

perhitungan nilai SNR dapat dilihat pada tabel 19. berikut ini:

Tabel 19. Hasil Perhitungan SNR *Smaller the better*

Tidak Cacat (I)	A	B	C
Level 1	12,78	13,80	10,60
Level 2	13,80	12,78	19,95
Cacat (II)	A	B	C
Level 1	-12,78	-13,80	-10,60
Level 2	-13,80	-12,78	-19,95
Selisih tidak cacat	1,02	1,02	9,35
Selisih cacat	-1,02	-1,02	-9,35
Ranking	2	3	1

Berikut ini merupakan nilai SNR *smaller the better* untuk rata-rata

$$P_{\text{exp}} = \frac{9}{200} = 0,045$$

$$\text{SNR}_{\text{exp}} = -10 \text{Log}_{10}\left(\frac{1}{0,045} - 1\right) = -13,26$$

Nilai SNR untuk rata-rata persentase cacat hasil eksperimen selanjutnya digunakan pada perhitungan perkiraan kondisi optimal.

Perkiraan Kondisi Optimal dan Selang Kepercayaan

Berdasarkan hasil dari uji ANOVA untuk data atribut, faktor yang

$$\text{Predicted} = \text{SNR}_{\text{exp}} + (\text{SNR}_{\text{C2}} - \text{SNR}_{\text{exp}})$$

$$\text{Predicted} = -13,26 + (-19,95 - (-13,26)) = -19,95$$

Kemudian nilai SNR ini ditransformasi kembali menjadi persentase cacat.

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{1 + 10^{\frac{\text{SNR}}{-10}}} \\ &= \frac{1}{1 + 10^{\frac{-13,26}{-10}}} = 0,0701 = 7,01\% \end{aligned}$$

b. Perhitungan Selang Kepercayaan

$$n_{\text{eff}} = \frac{VT}{Vu + vC} = \frac{199}{1+1} = 99,5$$

$$\begin{aligned} CI &= \sqrt{(F_{0,05,1,196} \times V_{\text{pooled}} \times \mu (1 - \mu) \times \frac{1}{n_{\text{eff}}})} \\ &= \sqrt{(3,89 \times 0,95 \times 0,07 (1 - 0,07) \times \frac{1}{99,5})} \\ &= \pm 0,04905 \end{aligned}$$

Maka selang kepercayaan untuk proses optimal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{prediksi}} - CI &\leq \mu_{\text{prediksi}} \leq \mu_{\text{prediksi}} + CI \\ 0,0701 - 0,04905 &\leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 0,0701 + 0,04905 \\ 0,02105 &\leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 0,11915 \end{aligned}$$

Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan eksperimen yang dijalankan pada kombinasi level-faktor terbaik yang dipilih berdasarkan hasil eksperimen Taguchi. Tujuan dari eksperimen konfirmasi adalah

persentase cacat pada hasil eksperimen Taguchi:

berpengaruh dan memiliki kontribusi terbesar untuk meminimalisir kelompok cacat adalah faktor C level 2. Berikut perhitungan perkiraan kondisi optimal dan selang kepercayaan.

a. Perkiraan Kondisi Optimal

Dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

untuk memeriksa hasil eksperimen Taguchi. Jika kombinasi level terbaiknya dan hasil eksperimen cukup dekat satu sama lain maka dapat disimpulkan rancangan telah memenuhi persyaratan dalam eksperimen.

Tabel 20. Setting Optimal untuk Eksperimen Konfirmasi

Faktor	Setting Optimal
Waktu press (A)	5 sec. (level 2)
Kuat beban press (B)	5,5kgf (level 1)
Temperature mesin press (C)	96° C (level 2)

Hasil eksperimen konfirmasi dari hasil setting optimal eksperimen Taguchi dapat dilihat pada tabel 21.

Tabel 21. Hasil Eksperimen Konfirmasi Damper type D-25236B

Eksp.	Jumlah Produksi	Tidak cacat	Cacat	Persentase cacat %
1	60	54	2	3,30%
2	60	57	1	1,60%
3	60	57	1	1,60%
4	60	55	1	1,60%
5	60	57	0	0,00%
Jumlah	300	280	5	8,10%
Rata-rata	60	56	1	1,62%

Perhitungan SNR *smaller the better* rata-rata dari 5 kali eksperimen konfirmasi:

$$P = \frac{5}{300} = 0,0167$$

$$SNR_{\text{expkonfirmasi}} = -10 \text{Log}_{10} \left(\frac{1}{0,0167} - 1 \right) = -17,69$$

Selanjutnya menghitung selang dapat dihitung dengan persamaan kepercayaan eksperimen konfirmasi, sebagai berikut:

$$\mu_{\text{konfirmasi}} = \frac{1}{1 + 10 \frac{-17,69}{-10}} = 0,053 = 5,35\%$$

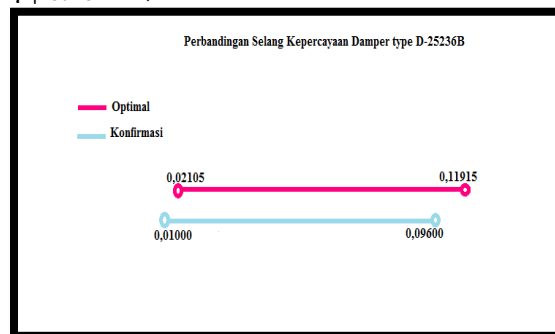
$$CI_{\text{konfirmasi}} = \sqrt{(F_{0,05,1,196} \times V_{\text{pooled}} \times \mu(1-\mu) \times \frac{1}{n_{\text{eff}}})}$$

$$= \sqrt{(3,89 \times 0,95 \times 0,053(1-0,053) \times \frac{1}{99,5})} = \pm 0,04305$$

$$\mu_{\text{konfirmasi}} - CI_{\text{konfirmasi}} \leq \mu_{\text{konfirmasi}} \leq \mu_{\text{konfirmasi}} + CI_{\text{konfirmasi}}$$

$$0,053 - 0,043 \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 0,053 + 0,043$$

$$0,01 \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 0,096$$



Gambar 7. Perbandingan Selang Kepercayaan Damper type D-25236B

Berdasarkan gambar 7 menunjukkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan. Gambar diatas menjelaskan bahwa hasil dari eksperimen konfirmasi masih berada dalam interval hasil optimal. Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari eksperimen Taguchi dapat di re-produksi dan setting optimal yang telah didapatkan bisa dijadikan sebagai acuan dalam proses produksi produk Damper type D-25236B.

Control

Fase *control* bertujuan untuk memastikan bahwa perbaikan pada proses, sekali di implementasikan, proses akan bertahan dan tidak kembali pada kondisi sebelumnya.

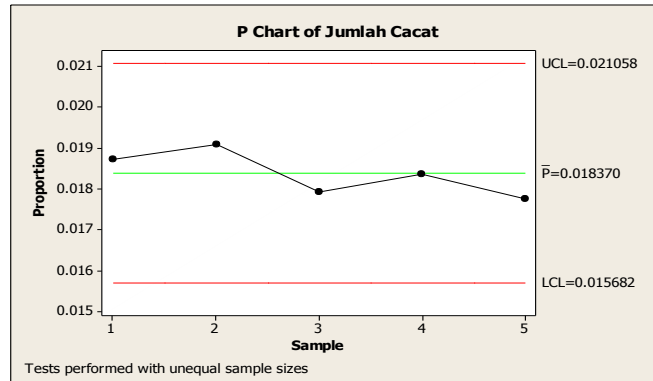
Setelah dilakukan Eksperimen Taguchi, maka telah didapati setting optimal untuk proses produksi damper. Setting optimal yang didapat kemudian diimplementasikan pada proses produksi selanjutnya. Pengaruh setting optimal yang telah didapat dari eksperimen Taguchi dapat dilihat berdasarkan data hasil produksi setelah dilakukan eksperimen.

Tabel 22. Jumlah Produksi Damper type D-25236B Februari Minggu Ke-1

Hari Ke-	Total Produksi	Jumlah Cacat	Persentase%
1	22478	421	1,87%
2	22492	429	1,90%
3	22483	403	1,79%
4	22491	413	1,83%
5	22467	399	1,77%
Total	112.411	2.065	1,832%

Dari data jumlah produksi, selanjutnya membuat peta kendali P untuk mengetahui apakah cacat yang dihasilkan

masih berada pada batas kendali ataupun tidak. Peta kendali dibuat menggunakan bantuan software minitab.



Gambar 8. Peta Kendali P produksi Damper Februari Minggu Ke-1

Pembahasan

Pada bagian ini akan dijelaskan perbandingan hasil cacat produksi pada kondisi aktual dengan kondisi setelah dilakukan perbaikan menggunakan metode six sigma dengan pendekatan Taguchi.

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah persentase rata-rata cacat produksi produk damper type D-25236B pada kondisi sebelum dan sesudah

dilakukan perbaikan mengalami perubahan kearah yang lebih positif. Perhitungan juga dilakukan untuk nilai DPMO dan juga level sigma. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa ada peningkatan nilai DPMO dan level sigma setelah dilakukan perbaikan menggunakan metode six sigma dengan pendekatan Taguchi.

Tabel 23. Perbandingan Cacat Produksi Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Kondisi	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Persentase Kecacatan	3,92%	1,83%
Nilai DPMO	9.700 DPMO	4.600 DPMO
Level Sigma	3,84	4,10

Berdasarkan tabel 23 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan setelah dilakukan perbaikan. Hal ini menunjukkan bahwa metode six sigma dengan pendekatan Taguchi berpengaruh terhadap pengendalian kualitas untuk meminimalisir jumlah produk cacat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis perhitungan, maka kesimpulannya sebagai berikut:

- a. Terdapat 4 jenis cacat yang sering terjadi pada setiap proses produksi damper type D-25236B yaitu adanya benda asing (sampah benang) dengan total jumlah cacat periode Juli 2018 sampai dengan September 2018 sebesar 12.743, bahan miring dengan total jumlah cacat sebesar 8.684, bahan kecil dengan total jumlah cacat sebesar 10.653 dan

- kelenturan dan warna tidak merata dengan jumlah cacat sebesar 23.165.
- b. Faktor-faktor yang menjadi penyebab terjadinya kecacatan produk damper antara lain dari segi manusianya disebabkan oleh kurang telitinya operator dalam melakukan kegiatan proses produksi, kurangnya pengetahuan mengenai set up mesin dan kurangnya kehati-hatian pada saat melakukan proses produksi. Dari segi mesin disebabkan oleh kondisi mesin yang tidak sesuai dengan spesifikasi (mesin press longgar), kurangnya perawatan dan umur mesin yang sudah lama. Dari segi lingkungan disebabkan oleh suhu ruangan yang berubah-ubah sehingga mempengaruhi performa kerja operator dan mengakibatkan terjadinya kesalahan dalam proses produksi. Dari segi material disebabkan oleh menurunnya kualitas bahan yang dipakai sedangkan dari segi metode kurangnya pengawasan serta tidak diperbarui SOP sehingga menyebabkan produksi tidak sesuai spesifikasi.
 - c. Hasil dari penggunaan metode *six sigma* dengan pendekatan Taguchi untuk meminimalisir jumlah cacat produksi damper type D-25236B antara lain persentase kecacatan dari kondisi aktual sebesar 3,9% menjadi 1,62% setelah dilakukan perbaikan menggunakan metode *six sigma* dengan pendekatan Taguchi. Selanjutnya, adanya peningkatan pada nilai level sigma dari kondisi aktual sebesar 3,48 menjadi 4,10, sehingga dapat disimpulkan bahwa perbaikan yang dilakukan menggunakan metode Taguchi dapat meminimalisir jumlah cacat produksi Damper type D-25236B.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, Sofjan. 1998. **Manajemen Produksi Dan Operasi**, Jakarta: CV Penerbit LP FakultasEkonomiUniversitas Indonesia.
- Belavendram. 1995. **Quality by Design: Taguchi Techniques for Industrial Experimentation**, London: Prentice Hall International
- D.H. Besterfield. 1994. **Quality Control and Industrial Statistic (2th Edition)**, New Jersey: CV Penerbit Prentice- Hall International, Inc.
- Gasperz, Vincent. 2005. **Total Quality Manjemen**, Jakarta: CV PenerbitGramediaPustakaUtama.
- Gasperz, Vincent, & Fontana, Avanti. 2011. **Lean Six Sigma For Manufacturing and Services Industries**, Bogor: PenerbitVinchrsto Publication.
- J. Heizer, dan B. Render. 2006. **Manajemen Operasi (Edisi Ke-7)**, Jakarta: CV PenerbitSalembaEmpat.
- Nasrullah. 2009. **Desain Eksperimen Dengan Pendekatan Taguchi Untuk Mengurangi Cacat Produk Pada Proses Injection Moulding (StudiKasus di Perusahaan Plastik "X")**.Jurnal IlmuTeknik Sistem, Vol. 7 No. 1: Universitas Brawijaya Malang.
- M.N. Nasution. 2005. **ManajemenMutuTerpadu**, Jakarta: CV PenerbitGhalia Indonesia.
- Montgomery, Douglas C. 2001. **Introduction to Statistical Quality Control (4th Edition)**, New York: Wiley & Sons, Inc.
- Pande, P. S., Neuman, R. P. & Cavanagh. 2000. **The Six Sigma Way**, New York: Penerbit McGraw Hill.
- Syukron, Amin., danKholil, Muhammad. 2013. **Six Sigma: Quality for Business Improvement**. Yogyakarta: PenerbitGrahallmu.