

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 DEFINISI KUALITAS

Ada banyak sekali definisi dan pengertian kualitas, yang sebenarnya definisi atau pengertian yang satu hampir sama dengan dengan definisi atau pengertian yang lain. Pengertian kualitas menurut beberapa ahli yang banyak di kenal antara lain, yaitu:

Menurut *JURAN* (1962) "Kualitas adalah kesesuaian tujuan atau manfaatnya", Crosby (1979) menyatakan "Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *availability, delivery, maintainability*, dan *cost effectiveness*". Feigenbaum (1991) menyatakan bahwa "Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture*, dan *maintenance*, dimana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan", menurut Scherkenbach (1991) "Kualitas ditentukan oleh pelanggan; pelanggan menginginkan produk dan jasa yang sesuai dengan kebutuhan dan harapannya pada suatu tingkat harga tertentu yang menunjukkan nilai produk tersebut". Elliot (1993) "Kualitas adalah sesuatu yang berbeda untuk orang yang berbeda tergantung pada waktu dan tempat, atau dikatakan sesuai dengan tujuan". Menurut Goetch dan Davis (1995) "Kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang

memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan, perbendaharaan istilah ISO 8402 dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI 19-8402-1991), Kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria-kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu (Ariani, 2004 : 3).

Selain itu, kualitas memerlukan suatu proses perbaikan yang terus menerus (*continuous improvement process*) yang dapat diukur, baik secara individual, organisasi, korporasi, dan tujuan kinerja nasional. Dukungan manajemen, karyawan, dan pemerintah untuk perbaikan kualitas adalah penting bagi kemampuan berkompetisi secara efektif di pasar global.

2.1.1 Dimensi Kualitas

Dimensi kualitas menurut *GARVIN* (1996), mengidentifikasi delapan dimensi kualitas yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik kualitas produk (Ariani, 2004 : 6) , sebagai berikut :

1. Performa (*Performance*) berkaitan dengan aspek fungsional dari produk dan merupakan karakteristik utama yang dipertimbangkan pelanggan ketika ingin membeli suatu produk.

2. *Features*, merupakan aspek kedua dari performansi yang menambah fungsi dasar berkaitan dengan pilihan dan pengembangannya.
3. Keandalan (*reliability*), berkaitan dengan kemungkinan suatu produk berfungsi secara berhasil dalam periode waktu tertentu di bawah kondisi tertentu.
4. Konformansi (*conformance*), berkaitan dengan tingkat kesesuaian produk terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan keinginan pelanggan.
5. Daya tahan (*durability*), merupakan ukuran masa pakai suatu produk.
6. Kemampuan pelayanan (*service ability*), merupakan karakteristik yang berkaitan dengan kecepatan, kemudahan serta akurasi dalam perbaikan.
7. Estetika (*aesthetics*), merupakan karakteristik mengenai keindahan yang bersifat subyektif sehingga berkaitan dengan pertimbangan pribadi atau pilihan individual.
8. Kualitas yang dipersepsikan (*perceived quality*), bersifat subyektif, berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengkonsumsi produk seperti, meningkatkan harga diri.

2.2 PENGENDALIAN KUALITAS

Pengendalian kualitas merupakan suatu revolusi pemikiran dalam bidang manajemen. Ia merupakan suatu pendekatan yang menggambarkan suatu cara berfikir baru tentang manajemen.

Standar Industri Jepang (JIS) mendefinisikan pengendalian kualitas adalah "suatu sistem tentang metode produksi yang secara ekonomis memproduksi barang-barang atau jasa-jasa yang bermutu yang " memenuhi kebutuhan konsumen. Sedangkan menurut Prof. Kauro Ishikawa pengendalian kualitas adalah " mengembangkan, mendesain, memproduksi dan memberikan jasa produk yang bermutu yang paling ekonomis, dan selalu memuaskan konsumen (Ishikawa, 1992 : 50)

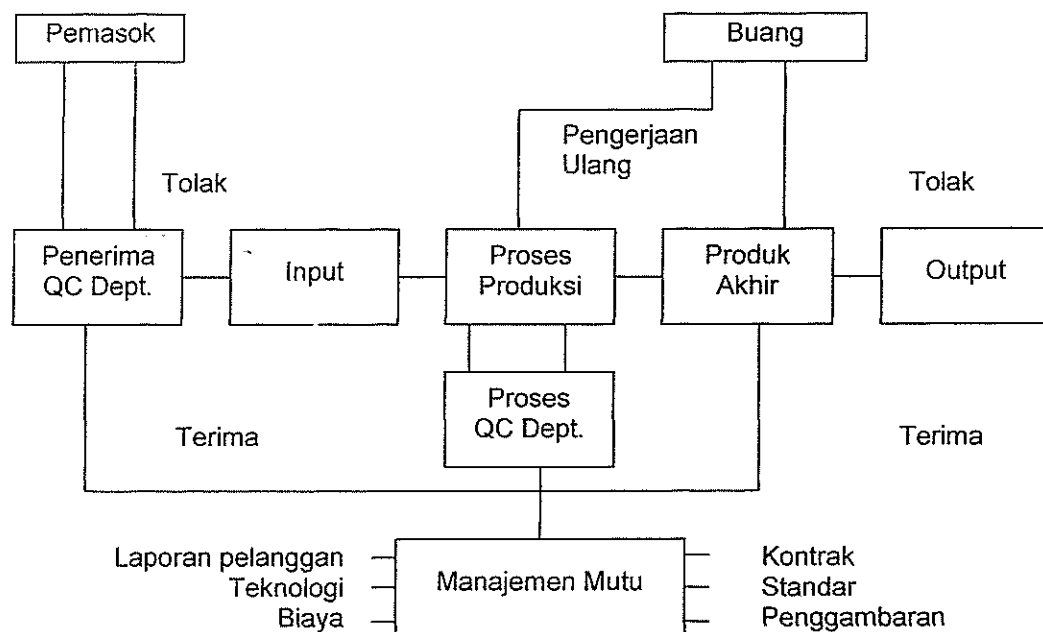
Banyak keuntungan yang diperoleh perusahaan dengan melaksanakan pengendalian kualitas yang sebaik-baiknya, yaitu antara lain :

- a. Menambahkan tingkat efisiensi dan produktivitas kerja.
- b. Mengurangi kehilangan-kehilangan (*losses*) dalam proses kerja yang dilakukan seperti mengurangi *waste product* atau menghilangkan waktu-waktu yang tidak produktif.
- c. Menekan biaya (*save money*).
- d. Menjaga agar penjualan (*sales*) akan tetap meningkat sehingga profit tetap diperoleh (meningkatkan potensi daya saing).
- e. Menambah reliabilitas produk yang dihasilkan.
- f. Memperbaiki moral pekerja tetap tinggi.

2.3 PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK

Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengelola, dan memperbaiki proses menggunakan metode-metode statistik (Ariani, 2004 : 54).

Dalam sistem pengendalian mutu statistik yang mentolerir adanya kesalahan atau cacat produk, kegiatan pengendalian mutu dilakukan oleh departemen pengendali mutu yang ada pada penerimaan bahan baku, selama proses dan pengujian produk akhir. Apabila digambarkan adalah seperti pada gambar 2.1 (Ariani, 2004 : 55).

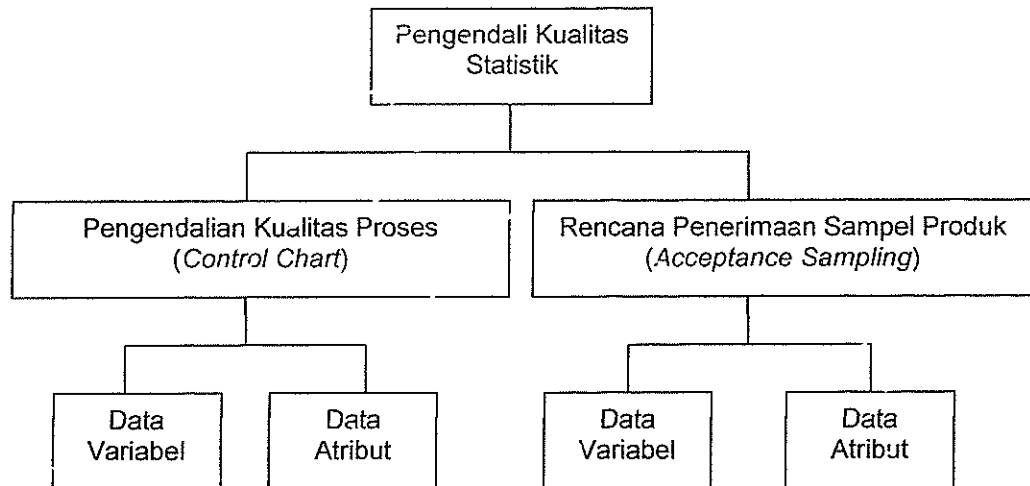


Gambar 2.1 Sistem Pengendalian Mutu

Dari Gambar 2.1 tersebut tampak bahwa perusahaan mengadakan inspeksi dapat terjadi pada saat bahan baku atau penerimaan bahan baku, proses, dan produk akhir. Inspeksi tersebut dapat dilaksanakan di beberapa waktu, antara lain :

1. Pada waktu bahan baku masih ada di tangan pemasok
2. Pada waktu bahan baku sampai di tangan perusahaan tersebut
3. Sebelum proses dimulai
4. Selama proses produksi berlangsung
5. Setelah proses produksi
6. Sebelum dikirimkan kepada pelanggan
7. Dan sebagainya

Selanjutnya, pengendalian kualitas statistik (*statistical quality control*) secara garis besar digolongkan menjadi dua, yaitu pengendalian proses statistik (*statistical process control*) atau yang sering disebut dengan *control chart* dan rencana penerimaan sampel produk atau yang sering dikenal dengan *acceptance sampling*. Hal ini dapat digambarkan seperti gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas statistik menurut Gambar 2.2 dapat dibagi dalam pengendalian mutu proses yaitu pengendalian mutu produk selama masih berada dalam proses dan pengendalian kualitas pada produk yang dihasilkan (*acceptance sampling*) yaitu proses evaluasi bagian produk dari seluruh produk yang dihasilkan untuk menerima seluruh produk yang dihasilkan tersebut.

Dari Gambar 2.2 tersebut tampak bahwa pengendalian kualitas proses dan produk juga dibagi dua golongan menurut jenis datanya, yaitu :

- a. Data variabel merupakan data kuantitatif yang diukur menggunakan alat pengukuran tertentu untuk keperluan pencatatan dan analisis. Data variabel bersifat kontinyu. Jika suatu catatan dibuat berdasarkan keadaan aktual, diukur secara langsung, maka karakteristik kualitas yang diukur itu disebut sebagai variabel. Contoh data variabel karakteristik kualitas

meliputi : diameter pipa, ketebalan produk, berat semen dalam kantong, ukuran-ukuran berat, panjang, lebar, tinggi, diameter, volume merupakan data variabel.

- b. Data atribut merupakan data kualitatif yang dihitung menggunakan daftar pencacahan untuk keperluan pencatatan dan analisis. Data atribut bersifat diskrit. Jika suatu catatan hanya merupakan suatu ringkasan atau klasifikasi yang berkaitan dengan sekumpulan persyaratan yang telah ditetapkan maka catatan itu disebut sebagai atribut. Contoh data atribut karakteristik kualitas meliputi : banyaknya jenis cacat pada produk, ketiadaan label pada kemasan dan sebagainya. Data atribut biasanya diperoleh dalam bentuk ketidaksesuaian atau cacat terhadap spesifikasi kualitas yang telah ditetapkan.

Dalam rangka perbaikan dan peningkatan kualitas proses dan produk akhir, maka digunakan 8 (delapan) langkah dan 7 (tujuh) alat pengendalian kualitas (*quality control*). Adapun delapan langkah (*8 Steps for improvement*) dalam pengendalian kualitas adalah sebagai berikut :

- a. Menemukan persoalan/ tema
- b. Menemukan sebab dari persoalan
- c. Mempelajari faktor-faktor yang paling berpengaruh
- d. Merencanakan penanggulangan
- e. Melaksanakan penanggulangan
- f. Memeriksa hasil

- g. Standarisasi
- h. Rencana berikutnya

Sedangkan tujuh alat (*seven tools*) pengendalian kualitas (*quality control*) dalam rangka meningkatkan mutu atau kualitas proses dan produk akhir dalam suatu sistem pengendalian kualitas yang digunakan dalam penelitian ini hanyalah tiga alat, yaitu sebagai berikut :

1. Brainstorming

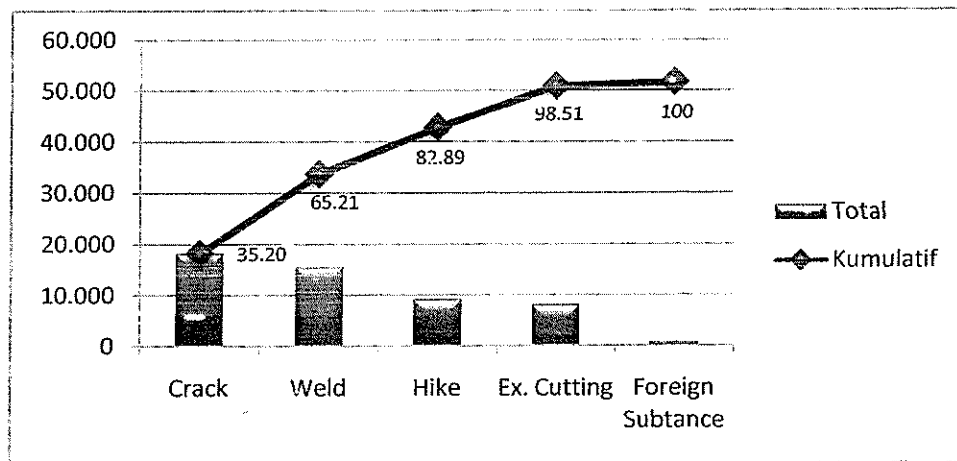
Brainstorming membantu membangkitkan ide-ide alternative dan persepsi dalam suatu tim kerja sama (*teamwork*) yang bersifat terbuka dan bebas (Gasperz, 2001 : 53). *Brainstorming* dapat digunakan berkaitan dengan hal-hal berikut :

- Menentukan penyebab yang mungkin dari masalah-masalah dalam proses atau solusi terhadap masalah itu.
- Memutuskan masalah apa (atau kesempatan peningkatan apa) yang perlu diselesaikan.
- Anggota tim merasa bebas untuk berbicara dan menyumbangkan ide-ide kreatif mereka.
- Menginginkan untuk menjaring sejumlah besar persepsi alternative
- Kreatifitas merupakan karakteristik *outcome* yang diinginkan.

2. Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian. Masalah yang paling banyak terjadi ditunjukkan oleh grafik batang pertama yang tertinggi serta

ditempatkan pada sisi paling kiri, dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit terjadi ditunjukkan oleh grafik batang terakhir yang terendah serta ditempatkan pada sisi paling kanan (Gasperz, 2001 : 46), dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Diagram Pareto

3. Diagram Sebab Akibat

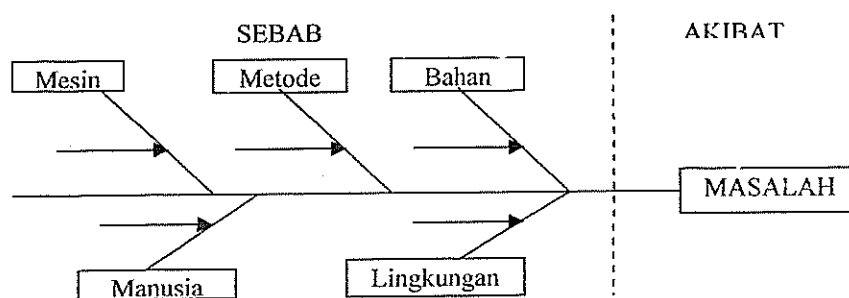
Diagram sebab akibat adalah suatu diagram yang menunjukkan hubungan antara sebab dan akibat. Berkaitan dengan proses statistikal, diagram sebab akibat dipergunakan untuk menunjukkan faktor-faktor penyebab (sebab) dan karakteristik kualitas (akibat) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab itu. Diagram ini sering juga disebut sebagai diagram "tulang ikan" (*fishbone diagram*) karena bentuknya seperti kerangka ikan atau diagram Ishikawa (*Ishikawa's diagram*) karena

pertama kali ditemukan oleh Prof. Kauro Ishikawa dari universitas Tokyo pada tahun 1943 (Gasperz, 2001 : 58).

Pada dasarnya diagram sebab akibat dapat dipergunakan untuk kebutuhan sebagai berikut :

- Membantu mengidentifikasi akar penyebab dari suatu masalah
- Membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi suatu masalah.
- Membantu dalam penyelidikan atau pencarian fakta lebih lanjut.

dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.4 Diagram Sebab Akibat

2.3 SIX SIGMA

2.3.1 Sejarah Singkat *Six Sigma*

Pada tahun 1980-an dan awal 1990-an, Motorola merupakan salah satu dari banyak korporat AS dan Eropa dimana produk yang mereka luncurkan dimakan oleh para pesaing Jepang. Para pemimpin atas Motorola mengakui bahwa kualitas produknya mengerikan. Tetapi pada tahun 1987, keluar sebuah pendekatan baru dari Sektor Komunikasi

Motorola-pada saat itu dikepalai oleh George Fisher, yang kemudian menjadi *top executive* di Kodak. Konsep perbaikan itu dinamakan "Six Sigma".

Six Sigma memberikan kepada Motorola sebuah cara yang sederhana dan konsisten untuk melacak dan membandingkan kinerja dengan persyaratan pelanggan (ukuran *Six Sigma*) dan sebuah target ambisius dari kualitas yang sempurna secara praktik (tujuan *Six Sigma*).

Perubahan Motorola dalam jangka panjang sama luar biasanya dengan hasil yang dicapai GE hanya dalam beberapa tahun. Hanya dua tahun setelah meluncurkan *Six Sigma*, Motorola mendapatkan penghargaan *Malcolm Baldrige National Quality Award*.

Sekalipun demikian, lebih dari sekedar sekumpulan peraturan, Motorola telah menerapkan *Six Sigma* sebagai sebuah cara untuk mentransformasikan bisnis, sebuah cara yang didorong oleh komunikasi, pelatihan, kepemimpinan, *teamwork*, pengukuran dan fokus pada pelanggan (Pande, 2000 : 7).

2.3.2 Definisi *Six Sigma*

Ada banyak definisi mengenai *Six Sigma*, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. *Six Sigma* adalah tujuan yang hampir sempurna dalam memenuhi persyaratan pelanggan. Pada dasarnya definisi *Six Sigma* itu juga akurat karena istilah "*Six Sigma*" sendiri merujuk kepada target

kinerja operasi yang diukur secara statistik dengan hanya 3,4 cacat untuk setiap satu juta kali aktivitas atau peluang yang ada (Pande, 2000 : x).

2. Sebuah sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan, dan memaksimalkan sukses bisnis. *Six sigma* secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan pelanggan, pemakaian yang disiplin terhadap fakta, data dan analisis statistik, dan perhatian yang cermat untuk mengelola, memperbaiki, dan menanamkan kembali proses bisnis (Pande, 2000 : xi).
3. Metode peningkatan proses bisnis yang bertujuan untuk menemukan dan mengurangi faktor-faktor penyebab kecacatan dan kesalahan, mengurangi waktu siklus dan biaya operasi, meningkatkan produktivitas, memenuhi kebutuhan pelanggan dengan lebih baik, serta mendapatkan imbal hasil atas investasi yang lebih baik dari segi produksi maupun pelayanan (Evans/Lindsay, 2005 : 3).
4. *Six Sigma* didefinisikan sebagai strategi perbaikan bisnis untuk menghilangkan pemborosan, mengurangi biaya karena menghasilkan kualitas yang buruk, dan memperbaiki efektifitas dan efisiensi semua kegiatan operasi, sehingga mampu memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan (Ariani, 2004 : 189).

5. *Six Sigma* adalah suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap transaksi produk (barang dan/atau jasa). Upaya giat menuju kesempurnaan atau *Zero Defect* (Gasperz, 2002 : 9).

2.3.3 Manfaat Six Sigma

Beberapa manfaat yang dapat menarik perusahaan-perusahaan kepada *Six Sigma Way*. Manfaat *Six Sigma* sebagai berikut : (Pande, 2000 : 12).

- a. Menghasilkan sukses berkelanjutan

Six Sigma menciptakan keahlian dan budaya untuk terus menerus berinovasi dan membuat organisasi bangkit kembali sehingga dapat tetap menguasai sebuah pasar yang aman.

- b. Mengatur tujuan kinerja bagi setiap orang

Six Sigma menggunakan kerangka kerja bisnis bersama untuk menciptakan sebuah tujuan yang konsisten, kinerja *Six Sigma* atau sebuah tingkat kinerja yang sempurna mungkin. Siapapun yang memahami persyaratan pelanggan mereka dapat menilai kinerja mereka terhadap tujuan *Six Sigma* yakni sempurna 99,9997%, sebuah standar yang sangat tinggi yang membuat sebagian besar dari pandangan-pandangan sebelumnya terhadap kinerja yang "excellent" menjadi tampak rendah.

c. Memperkuat nilai kepada pelanggan

Fokus pada pelanggan pada inti *Six Sigma* berarti mempelajari apa yang berarti bagi para pelanggan (dan pelanggan prospektif) dan merencanakan bagaimana mengirimnya kepada mereka secara *profitabel*.

d. Mempercepat tingkat perbaikan

Six Sigma membantu sebuah perusahaan untuk tidak hanya meningkatkan kinerja, tetapi juga meningkatkan perbaikan dalam usaha memenuhi tuntutan pelanggan.

e. Mempromosikan pembelajaran

Six Sigma merupakan pendekatan yang dapat meningkatkan dan mempercepat pengembangan dan penyebaran ide-ide baru di sebuah organisasi keseluruhan.

f. Melakukan perubahan strategik

Memahami dengan lebih baik proses dan prosedur perusahaan akan memberikan kemampuan yang lebih besar untuk melakukan penyesuaian-penyesuaian kecil maupun perubahan-perubahan besar yang dituntut oleh sukses bisnis abad 21.

2.3.4 Konsep Six Sigma Motorola

Pada dasarnya pelanggan akan puas apabila mereka menerima nilai sebagaimana yang mereka harapkan. Apabila produk (barang/jasa) diproses pada tingkat kualitas *Six Sigma*, perusahaan boleh

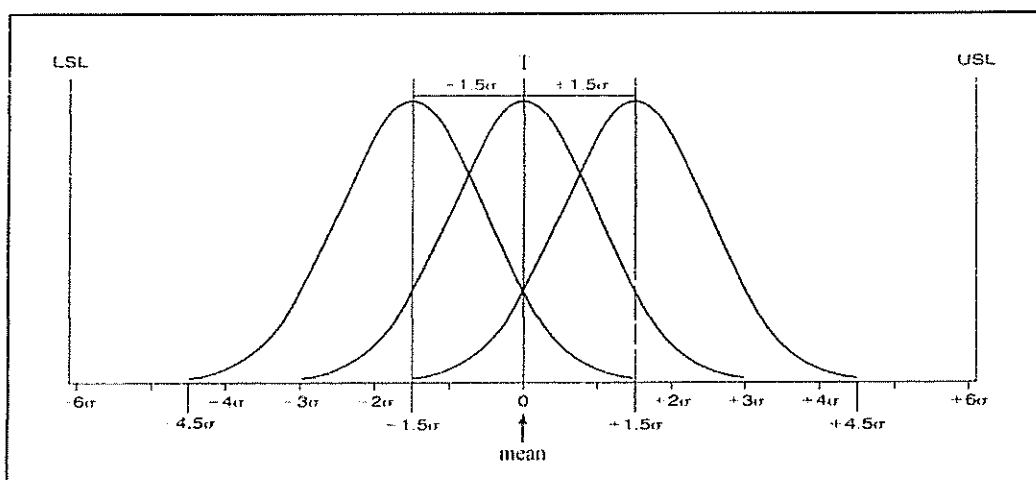
mengharapkan 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) atau mengharapkan bahwa 99,99966 persen dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada dalam produk itu. Dengan demikian *Six Sigma* dapat dijadikan ukuran target kinerja sistem tentang bagaimana baiknya suatu proses transaksi produk antara pemasok (industri) dan pelanggan (pasar). Semakin tinggi target sigma yang tercapai, kinerja sistem industri akan semakin baik (Gasperz, 2002 : 9).

Terdapat enam aspek kunci yang perlu diperhatikan dalam aplikasi konsep *Six Sigma* dalam bidang *manufacturing*, yaitu :

1. Identifikasi karakteristik produk yang akan memuaskan pelanggan (Sesuai dengan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan).
2. Mengklasifikasikan semua karakteristik itu sebagai CTQ (*Critical To Quality*).
3. Menentukan apakah setiap CTQ itu bisa dikendalikan melalui pengendalian material, mesin, proses kerja, dan sebagainya.
4. Menentukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai keinginan pelanggan (melalui nilai UCL atau LCL).
5. Menentukan maksimum variasi proses untuk setiap CTQ (menentukan nilai maksimum standar deviasi untuk setiap CTQ).
6. Mengubah desain produk dan/atau proses sedemikian rupa agar mampu mencapai nilai target *Six Sigma*, yang berarti memiliki indeks kemampuan proses C_{pm} minimum sama dengan dua ($C_{pm} \geq 2$).

Pendekatan pengendalian proses 6-sigma Motorola mengizinkan adanya pergeseran nilai rata-rata (*mean*) setiap CTQ individual dari proses industry terhadap nilai spesifikasi target (T) sebesar $\pm 1,5$ sigma, sehingga akan menghasilkan 3,4 DPMO (*Defect per Million Opportunities*). Dengan demikian berdasarkan konsep *Six Sigma* Motorola, berlaku toleransi penyimpangan $\mu = T \pm 1,5 \pm \sigma$. Di sini μ (mu) merupakan nilai rata-rata (*mean*) dari proses, sedangkan σ (sigma) merupakan ukuran variasi proses (Gasperz, 2002 : 9).

Proses *Six Sigma* dengan distribusi normal yang mengizinkan nilai rata-rata (*mean*) proses bergeser 1,5-sigma dari nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan di tunjukkan dalam gambar 2.5.



Gambar 2.4 Konsep Six Sigma Motorola dengan Distrbusi Normal bergeser 1,5 Sigma

Perlu dicatat dan dipahami sejak awal bahwa konsep *Six Sigma* Motorola dengan pergeseran nilai rata-rata (*mean*) dari proses yang diinginkan sebesar 1,5-sigma adalah berbeda dari konsep *Six Sigma* dalam distribusi normal yang umum dipahami selama ini yang tidak mengizinkan pergeseran dalam nilai rata-rata (*mean*) dari proses. Perbedaan ini di tunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perbedaan *True 6-sigma* dengan *Motorola's 6-sigma*

<i>True 6-Sigma Process (Normal Distribution Centered)</i>			<i>Motorola's 6-Sigma Process (Normal Distribution Shifted 1,5-sigma)</i>		
Batas Spesifikasi (LSL-USL)	Persentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO	Batas Spesifikasi (LSL-USL)	Persentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO
± 1-sigma	68,27%	317.000	± 1-sigma	30,8538%	691.462
± 2-sigma	95,45%	45.500	± 2-sigma	69,1462%	308.538
± 3-sigma	99,73%	2.700	± 3-sigma	93,3193%	66.807
± 4-sigma	99,9937%	63	± 4-sigma	99,3790%	6.210
± 5-sigma	99,99943%	0,57	± 5-sigma	99,9767%	233
± 6-sigma	99,999998%	0,002	± 6-sigma	99,99966%	3,4

2.3.5 Metode Six Sigma

Metode *six sigma* adalah visi untuk mencapai kesempurnaan pada kualitas suatu produk atau jasa yang ditunjukkan dengan jumlah cacat produk sebesar 3,4 *part per million* atau DPMO (*Defect Per Million Opportunity*).

Pada kenyataannya sangat sulit untuk mewujudkan *Six Sigma*, dikarenakan persentase yang harus dicapai adalah 99,99966% dengan $DPMO = 3,4$.

Terminologi yang menjadi kunci utama pelaksanaar *Six Sigma* adalah :

1. *CTQ (Critical To Quality)* adalah atribut sangat penting yang berhubungan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan yang merupakan suatu elemen dari suatu produk, proses, atau praktek-praktek yang berdampak langsung dengan kepuasan pelanggan.
2. *Defect* adalah kegagalan untuk memberikan apa yang diinginkan pelanggan.
3. *Capability Process* adalah kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan produk sesuai dengan ekspektasi dari kebutuhan pelanggan.
4. *Variation* merupakan apa yang pelanggan lihat dan rasakan dalam proses transaksi antara pemasok dengan pelanggan. *Six Sigma* berfokus kepada apa penyebab variasi dan mencegah terjadinya variasi itu, sehingga dapat meningkatkan kapabilitas proses.
5. *Stabel Operation* adalah jaminan konsistensi, proses-proses yang dapat diperkirakan dan dikendalikan guna meningkatkan apa yang pelanggan lihat dan rasakan, meningkatkan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan.

6. *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* adalah proses untuk peningkatan terus menerus menuju target *Six Sigma*. DMAIC dilakukan secara sistematis berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta.

2.4 TAHAPAN SIX SIGMA

Six Sigma merupakan suatu metode peningkatan kualitas yang didalamnya terdapat fase-fase membentuk suatu siklus menuju perbaikan kualitas yang terdiri dari : Pendefinisian (*Define*), Pengukuran (*Measure*), Analisa (*Analyze*), Perbaikan (*Improvement*) dan Kontrol (*Control*).

2.4.1 Tahap Mendefinisikan (*Define*)

Define merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini kita perlu mendefinisikan beberapa hal yang terkait dengan :

1. Kriteria pemilihan proyek *Six Sigma*.
2. Peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang akan terlibat dalam proyek *Six Sigma*.
3. Kebutuhan pelatihan untuk orang-orang yang terlibat dalam proyek *Six Sigma*.
4. Proses-proses kunci dalam proyek *Six Sigma* beserta pelanggannya.
5. Kebutuhan spesifik dari pelanggan.
6. Pernyataan tujuan proyek *Six Sigma*.

Alat yang dapat digunakan dalam tahap ini antara lain :

1. Diagram SIPOC

Diagram SIPOC merupakan suatu alat yang berguna dan paling banyak dipergunakan dalam manajemen dan peningkatan proses. Nama SIPOC merupakan akronim dari lima elemen utama dalam sistem kualitas, yaitu :

- *Suppliers*—merupakan orang atau kelompok orang yang memberi informasi kunci, material, atau sumber daya lain kepada proses.
- *Inputs*—adalah segala sesuatu yang diberikan oleh pemasok (*suppliers*) kepada proses.
- *Process*—merupakan sekumpulan langkah yang mentransformasi dan secara ideal, menambah nilai kepada *inputs* (proses transformasi nilai tambah kepada *inputs*). Suatu proses biasanya terdiri dari beberapa sub-proses.
- *Outputs*—merupakan produk (barang/jasa) dari suatu proses. Dalam industri manufaktur *outputs* dapat berupa barang setengah jadi maupun barang jadi.
- *Customers*—merupakan orang atau kelompok orang yang menerima *outputs*.

2. Critical To Quality (CTQ)

Critical to Quality merupakan atribut-atribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Merupakan elemen dari suatu

produk, proses, atau praktek-praktek yang berdampak langsung pada kepuasan pelanggan.

2.5.2 Tahap Pengukuran (*Measure*)

Measure adalah langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap *Measure*, yaitu :

1. Menetapkan karakteristik kualitas (CTQ) Kunci.
2. Mengembangkan rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output* dan *outcome*.
3. Mengukur kinerja sekarang pada tingkat proses, *output* dan *outcome* untuk ditetapkan sebagai baseline kinerja pada awal proyek *Six Sigma*.

Alat yang dapat digunakan dalam tahap ini antara lain :

1. Menentukan X-Bar dan R

Nilai X-Bar (Rata-rata) dan R (*Range*) digunakan untuk memantau proses yang mempunyai karakteristik berdimensi kontinu, sehingga peta control X-Bar dan R sering disebut sebagai peta kontrol untuk data variabel. Peta control X-Bar menjelaskan kepada kita apakah perubahan-perubahan telah terjadi dalam ukuran titik pusat (*central tendency*) atau rata-rata dari suatu proses. Hal ini disebabkan mungkin oleh faktor-faktor seperti: peralatan yang dipakai,

perbedaan metode yang digunakan dalam shift, peningkatan temperature secara gradual, material baru, tenaga kerja baru yang belum terlatih dan sebagainya. Sedangkan R (*Range*) menjelaskan apakah perubahan-perubahan telah terjadi dalam ukuran variasi, dengan demikian berkaitan dengan perubahan homogenitas produk yang dihasilkan dalam suatu proses. Adapun cara untuk mencari nilai X-Bar dan R dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

- a. Rata-rata pengukuran setiap observasi

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

- b. *Range* (R) adalah jarak antara nilai antara pengukuran terbesar dan nilai pengukuran terkecil

$$R = X_{max} - X_{min}$$

2. Standard Deviasi (S)

Standard deviasi adalah rata-rata perbedaan antara setiap nilai dalam serangkaian nilai dan *mean* (rata-rata) semua nilai dalam seri pengukuran. Ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{R}{d_2}$$

Dimana :

d_2 = koefisien untuk pendugaan *standard deviasi* tergantung pada ukuran *sample* (n).

S = *Standard deviasi* proses

R = *Range*

3. DPMO (Defect Per Million Opportunities)

- Perhitungan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*)

$$DPMO = P \left\{ z \geq \left(\frac{USL - \bar{X}}{S} \right) \right\} \times 1.000.000$$

$$DPMO = P \left\{ z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{S} \right) \right\} \times 1.000.000$$

Dimana :

USL = Batas spesifikasi atas

LSL = Batas spesifikasi bawah

S = Standard deviasi

\bar{X} = Rata-rata proses

z = Konversi ke dalam distribusi normal

- Perhitungan kapabilitas sigma

Untuk menentukan level sigma melalui cara konversi DPMO ke nilai sigma dengan menggunakan tabel konversi.

- Membuat grafik pola DPMO dan grafik pola level sigma proses produksi.

2.5.3 Tahap Menganalisis (*Analyze*)

Analyze merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini kita perlu melakukan beberapa hal berikut, yaitu :

1. Menganalisis stabilitas dan kapabilitas dari proses.

2. Menetapkan target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek *Six Sigma*.
3. Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan.
4. Mengkonversikan banyak kegagalan ke dalam biaya kegagalan kualitas COPQ (*Cost Of Poor Quality*).

Pada tahapan analisis ini alat yang mendukung adalah :

1. Peta Kontrol UCL dan LCL

$$UCL = T + (1,5 \times S \text{ maks})$$

$$LCL = T - (1,5 \times S \text{ maks})$$

$$S \text{ maks} = \frac{1}{(2 \times \text{nilai kapabilitas sigma})} \times (USL - LSL)$$

Dimana :

UCL = Upper Control Limit (Batas Kontrol Atas)

LCL = Lower Control Limit (Batas Kontrol Bawah)

Smaks = Standard deviasi maksimum

T = Nilai Target

2. Pengujian Variasi Proses

Pengujian variasi proses dilakukan untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum, Smaks pada tingkat kapabilitas sigma.

Pengujiannya adalah :

$$\text{➤ Jika } \{ (n-1)S^2 / (S_{\text{maks}})^2 \} \geq \chi^2 (\alpha; n-1), \text{ maka tolak } H_0$$

- Jika $\{ (n-1)S^2 / (S_{maks})^2 \} < \chi^2 (\alpha; n-1)$, maka terima H_0

3. Capability Process (Kemampuan Proses)

Capability process adalah kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan *output* sesuai dengan ekspektasi atau kebutuhan pelanggan. *Capability Process* merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen. Menentukan *capability process* didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

$$C_{pm} = \frac{(USL - LSL)}{\{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + (S)^2}\}}$$

Penggunaan *criteria rule of thumb* adalah sebagai berikut :

- $C_{pm} \geq 2,00$ maka proses sangat mampu memenuhi spesifikasi target kualitas yang ditetapkan oleh pelanggan dengan tingkat kegagalan mendekati *zero defect* (perusahaan kelas dunia).
- C_{pm} antara 1,00-1,99 maka proses dianggap cukup mampu, sehingga perlu peningkatan proses guna menuju target kegagalan *zero defect*.
- $C_{pm} < 1,00$ maka proses industry dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defect oriented*).

Seiänjutnya untuk mengetahui berapa persen range (*interval*) toleransi spesifikasi bagi nilai rata-rata (*interval toleransi*

spesifikasi = USL – LSL) menyimpang dari nilai target (T), maka dihitung dengan menggunakan formula berikut :

$$\% \text{ Off} - \text{target} = \left\{ \frac{\text{Absolut } (X - T)}{(USL - LSL)} \right\} \times 100 \%$$

Bersamaan dengan penggunaan indeks Cpm juga dipergunakan indeks Cpmk yang mengukur tingkat dimana output proses itu berada dalam batas-batas toleransi. Indeks Cpmk dihitung menggunakan formula :

$$Cpmk = \frac{Cpk}{\sqrt{1 + \left\{ \frac{(\bar{X} - T)}{S} \right\}^2}}$$

Dimana Cpk = minimum { (X-Bar – LSL)/3S ; (USL – X-Bar)/3S }

Selanjutnya, untuk pengujian hipotesis indeks Cpmk maka digunakan formula sebagai berikut :

$$LCpmk ; 0,05 = Cpmk - z_{0,05} \sqrt{\left(\frac{1}{9n} \right) + \left\{ \frac{Cpmk^2}{(2n - 2)} \right\}}$$

$Z_{0,05} = 1,64$ (dapat dilihat pada tabel distribusi normal standar)

Dimana :

- $H_0 : Cpmk \leq 1,0$ (berarti proses tidak mampu, perlu pembenahan dan peningkatan sebelum menerapkan proyek Six Sigma).

- H_1 : $C_{pmk} > 1,0$ (berarti proses cukup mampu serta memiliki kesempatan terbaik untuk menerapkan proyek Six Sigma).

Keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas *Six Sigma* ditunjukkan melalui peningkatan kapabilitas proses dalam menghasilkan produk menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*).

2.5.4 Tahap Peningkatan (*Improve*)

Setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas teridentifikasi, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada dasarnya rencana-rencana tindakan (*action plans*) akan mendeskripsikan tentang alokasi sumber-sumber daya serta prioritas dan/atau alternative yang dilakukan dalam implementasi rencana itu. Bentuk-bentuk pengawasan dan usaha-usaha untuk mempelajari melalui pengumpulan data dan analisis ketika implementasi dari suatu rencana, juga harus direncanakan pada tahap ini. Pada tahapan peningkatan ini alat yang dapat digunakan adalah :

1. Perancangan Eksperimen (*Design Of Experiment*)

DOE (*Design Of Experiment*) adalah perancangan percobaan dengan tiap langkah yang benar-benar terdefiniskan sedemikian rupa sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diselidiki dapat dikumpulkan, sehingga dapat dianalisis secara objektif dan dapat ditarik kesimpulan yang berlaku untuk persoalan tersebut.

Factorial Design merupakan eksperimen yang melibatkan faktor “K” dengan beberapa level, dimana dalam pelaksanaannya digunakan untuk menguji semua atau hampir semua dari kombinasi faktor untuk menganalisis pengaruhnya.

Manfaat dari penggunaan DOE adalah sebagai berikut :

- Menilai sistem Voice Of Customer untuk mencari kombinasi terbaik keabsahan umpan balik produksi tanpa membuat pelanggan merasa jengkel.
- Menilai faktor untuk memisahkan akar penyebab masalah atau cacat yang penting.
- Menguji kemungkinan kombinasi solusi yang mengoptimalkan kinerja strategi.
- Menilai desain produk atau jasa untuk mengenali masalah yang ada dan mengurangi cacat pada hari itu juga.

Langkah-langkah DOE adalah :

- Identifikasi faktor-faktor yang akan dievaluasi.
- Tentukan level faktor yang akan diuji.
- Buat array kombinasi eksperimen.
- Buat eksperimen berdasarkan kondisi yang ada.
- Evaluasi hasil dan beri kesimpulan.

2.4.5 Tahap Mengendalikan (*Control*)

Control merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas di dokumentasikan dan disebarluaskan, prosedur-prosedur didokumentasikan dan di jadikan pedoman kerja standar, serta kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer kepada penanggung jawab proses, yang berarti proyek *Six Sigma* berakhir pada tahap ini. Alat yang digunakan pada tahap *Control* ini adalah :

1. Menentukan X-Bar dan R

Nilai X-Bar (Rata-rata) dan R (*Range*) digunakan untuk memantau proses yang mempunyai karakteristik berdimensi kontinu, sehingga peta control X-Bar dan R sering disebut sebagai peta control untuk data variabel. Peta control X-Bar menjelaskan kepada kita apakah perubahan-perubahan telah terjadi dalam ukuran titik pusat (*central tendency*) atau rata-rata dari suatu proses. Hal ini disebabkan mungkin oleh faktor-faktor seperti: peralatan yang dipakai, perbedaan metode yang digunakan dalam shift, peningkatan temperature secara gradual, material baru, tenaga kerja baru yang belum terlatih dan sebagainya. Sedangkan peta control R (*Range*) menjelaskan apakah perubahan-perubahan telah terjadi dalam ukuran variasi, dengan demikian berkaitan dengan perubahan homogenitas produk yang dihasilkan dalam suatu proses. Adapun cara untuk mencari nilai X-Bar dan R dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

a. Rata-rata pengukuran setiap observasi.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

b. *Range* (R) adalah jarak antara nilai antara pengukuran terbesar dan nilai pengukuran terkecil.

$$R = X_{max} - X_{min}$$

2. Standard Deviasi (S)

Standard deviasi adalah rata-rata perbedaan antara setiap nilai dalam serangkaian nilai dan *mean* (rata-rata) semua nilai dalam seri pengukuran. Ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{R}{d_2}$$

Dimana :

d_2 = koefisien untuk pendugaan *standard deviasi* tergantung pada ukuran *sample* (n).

S = *Standard deviasi* proses

R = *Range*

3. DPMO (Deffect Per Million Oppurtunities)

➤ Perhitungan DPMO (*Deffect Per Million Oppurtunities*)

$$DPMO = P \left\{ z \geq \left(\frac{USL - \bar{X}}{S} \right) \right\} \times 1.000.000$$

$$DPMO = P \left\{ z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{S} \right) \right\} \times 1.000.000$$

Dimana :

USL = Batas spesifikasi atas

LSL = Batas spesifikasi bawah

S = Standard deviasi

\bar{X} = Rata-rata proses

z = Konversi ke dalam distribusi normal

➤ Perhitungan kapabilitas sigma

Untuk menentukan level sigma melalui cara konversi DPMO ke nilai sigma dengan menggunakan tabel konversi.

➤ Membuat grafik pola DPMO dan grafik pola level sigma proses produksi.

4. Capability Process (Kemampuan Proses)

Capability process adalah kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan *output* sesuai dengan ekspektasi atau kebutuhan pelanggan. *Capability Process* merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen. Menentukan *capability process* didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

$$C_{pm} = \frac{(USL - LSL)}{\{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}\}}$$

Penggunaan *criteria rule of thumb* adalah sebagai berikut :

- Cpm $\geq 2,00$ maka proses sangat mampu memenuhi spesifikasi target kualitas yang ditetapkan oleh pelanggan dengan tingkat kegagalan mendekati *zero defect* (perusahaan kelas dunia).
- Cpm antara 1,00 - 1,99 maka proses dianggap cukup mampu, sehingga perlu peningkatan proses guna menuju target kegagalan *zero defect*.
- Cpm $< 1,00$ maka proses industry dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defect oriented*).

Selanjutnya untuk mengetahui berapa persen range (*interval*) toleransi spesifikasi bagi nilai rata-rata (*interval toleransi spesifikasi = USL - LSL*) menyimpang dari nilai target (T), maka dihitung dengan menggunakan formula berikut :

$$\% \text{ Off - target} = \left\{ \frac{\text{Absolut } (X - T)}{(USL - LSL)} \right\} \times 100 \%$$

Bersamaan dengan penggunaan indeks Cpm juga dipergunakan indeks Cpmk yang mengukur tingkat dimana output proses itu berada dalam batas-batas toleransi. Indeks Cpmk dihitung menggunakan formula :

$$C_{pmk} = \frac{C_{pk}}{\sqrt{1 + \left\{ \frac{(\bar{X} - T)}{S} \right\}^2}}$$

Dimana $C_{pk} = \text{minimum} \{ (X\text{-Bar} - LSL)/3S ; (USL - X\text{-Bar})/3S \}$

Selanjutnya, untuk pengujian hipotesis indeks C_{pmk} maka digunakan formula sebagai berikut :

$$LC_{pmk} ; 0,05 = C_{pmk} - z_{0,05} \sqrt{\left(\frac{1}{9n} \right) + \left\{ \frac{C_{pmk}^2}{(2n - 2)} \right\}}$$

$Z_{0,05} = 1,64$ (dapat dilihat pada tabel distribusi normal standar)

Dimana :

- $H_0 : C_{pmk} \leq 1,0$ (berarti proses tidak mampu, perlu pembenahan dan peningkatan sebelum menerapkan proyek Six Sigma).
- $H_1 : C_{pmk} > 1,0$ (berarti proses cukup mampu serta memiliki kesempatan terbaik untuk menerapkan proyek Six Sigma).

Keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas Six Sigma ditunjukkan melalui peningkatan kapabilitas proses dalam menghasilkan produk menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*).

2.6 MINITAB

Minitab adalah software statistik yang digunakan pada banyak usaha peningkatan kualitas six sigma. Minitab memiliki kumpulan tool

yang menyeluruh untuk diimplementasikan pada proses six sigma, seperti : *Measure, Analyze, Improvement, dan Control.*

2.6.1 Penggunaan Minitab pada Desain Of Experiment

Desain of Experiment dapat dilakukan dengan mengikutkan faktor yang dapat dikontrol dan faktor lingkungan. Minitab akan menunjukkan analisis respons optimalisasi proses setelah menetapkan faktor-faktor kunci.

2.6.2 Tahapan Membuat Desain Faktorial

Minitab akan memudahkan kita dalam melakukan desain factorial, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

A. Tahapan Desain Faktorial

1. Klik **Stat – DOE – Factorial Create Factorial Design.**
2. Pilih 2 level factorial pada **Type of Design** karena masing-masing variabel faktor berlevel 2. pada **daftar drop down Number of Factor**, pilih 2 sesuai dengan jumlah variabel faktor pada desain.
3. Klik tombol Design sehingga muncul kotak dialog **Create Factorial Design.**
4. Pilih **Full Factorial** pada kotak karena semua perlakuan faktor level dilakukan dalam eksperimen ini. pada daftar **drop down Number of replicates** dan **Number of blocks** pilih 6 (diinginkan 6

perlakuan). kemudian klik OK maka akan kembali pada kotak dialog

Create Factorial Design.

5. Klik tombol Factor sehingga muncul kotak dialog ***Create Factorial Design-Factors.***
6. Masukkan nilai faktor pada kotak faktor.
7. Klik tombol ***Options*** sehingga muncul kotak ***dialog Create Factorial Design – Options.***
8. Pastikan tanda check pada ***Randomize runs*** sehingga dilakukan pengacakan perlakuan.
9. Klik tombol **OK**.

B. Tahapan Analisis Desain Faktorial

1. Klik ***Stat – DOE – Analyze Factorial Design.***
2. Masukkan variabel hasil pada kotak ***Respons.***
3. Klik tombol ***Graphs*** sehingga akan muncul kotak ***dialog Analyze Factorial Design – Graphs.***
4. Check ***Pareto*** pada ***Effect Plot.*** Klik **OK** sehingga muncul diagram pareto (menunjukkan respons pengaruh dari faktor)

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 PENGUMPULAN DATA

4.1.1 Sejarah PT Nesinak Industries

PT. Nesinak Industries didirikan pada tanggal 3 Oktober 1997, beralamat di East Jakarta Industrial Park (EJIP), Jl. Akasia 3 Blok A3-8, Cikarang selatan Bekasi. Pada awal berdirinya PT. Nesinak Industries hanya memproduksi *Rubber Part* untuk komponen printer yang akan di *supply* ke PT.EPSON INDONESIA.

Seiring dengan perkembangan dan kemajuan perusahaan maka dibangunlah *plant* baru sekaligus relokasi dari pabrik lama yang diresmikan pada tanggal 7 Februari 2000, beralamat di Delta Silicon Industrial Park, Jl. Akasia 3 Blok A3-8, Cikarang selatan Bekasi 17550-Indonesia.

PT. Nesinak Industries merupakan salah satu unit perusahaan Gomuno Inaki CO.LTD yang berkantor pusat di Jepang yang bergerak dibidang industri manufaktur dengan produksi utamanya adalah *Rubber Part*. Pada saat ini 80% *rubber part* yang diproduksi PT. Nesinak Industries digunakan untuk kepentingan industry otomotif, sisanya untuk industry elektronik khususnya printer.

4.1.2 Bentuk Usaha dan Hasil Usaha

PT. Nesinak Industries merupakan salah satu unit perusahaan Gomuno Inaki CO.LTD yang berkantor pusat di Jepang yang bergerak dibidang industri manufaktur dengan produksi utamanya adalah *Rubber Part*.

Dari dimulai didirikan pada tahun 1997 sampai sekarang PT. Nesinak Industries telah memproduksi berbagai macam type model *rubber part*, sebagian dari produk *rubber part* yang diproduksi PT. Nesinak Industries dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1. Produk yang Dihasilkan PT. Nesinak Industries

No	Part Name	Part No	Material Name	Customer
1	O-Ring	W9351-24250	NN7190	Keihin Indonesia
2	O-Ring	W9351-24260	NN7190	Keihin Indonesia
3	O-Ring	W9351-13057	NN7190	Keihin Indonesia
4	U-Ring	W9353-36000	NN7190	Keihin Indonesia
5	U-Ring	W9353-30000	NN7190	Keihin Indonesia
6	Cable Sealing Cap	1028-GB4H-0030	NN7139	Keihin Indonesia
7	Retainer Control Shift Lever	33575-8Z010	NS1501	Nusa Keihin
8	Insulator Rubber	PB4055-5060-P001	E5412	Oki Precision Co., Ltd
9	Insulator Rubber	PB4055-5717-P002	C1405	Oki Precision Co., Ltd
10	Gasket Cap	BT015008-0940	NN7113	Siamnak Trading
11	Gasket Cap	BT015008-0950	NN7113	Siamnak Trading
12	Seat Valve	KS086118-0060	NN6176	Siamnak Trading
13	Seat Valve	KS086118-0170	NN6176	Siamnak Trading
14	Rubber Cap	ZS-GT0003-002	NF7517	Siamnak Trading
15	Rubber Cap	ZS-GT0004-002	NF7516	Siamnak Trading
16	Actuate Rubber	WJ02780	NN6164	YMMA
17	Actuate Rubber	WN74230	NN6189	YMMA
18	Music Rest Stopper	WE42120	C1701	YMMA
19	Stoper (Black)	WC21380	C1701	YMMA
20	Gasket	B105710-1A	NF7541	Mikuni Indonesia
21	Gasket Air Cleaner to Carburator	BW14028-0560	H1517	Toyota Boshoku Ind.
22	Washer Rubber	BW14062-0150	C2460	Toyota Boshoku Ind.
23	Cap Plug	JK198966-0400	NS5003	Denso Indonesia
24	Cap Plug	JK198966-0790	NS5003	Denso Indonesia
25	Stoper Cushion	JK047375-0380	E1701	Denso Indonesia
26	Bushing Rubber	JK047335-0360	NS1501	Denso Indonesia
27	Washer Rubber	014062-0150	C2460	Denso Indonesia
28	Seal Rubber	JK029789-0380	NS6002	Denso Indonesia
29	Seal Rubber	JK029789-0880	NS6002	Denso Indonesia
30	Cushion Wiper	AV059024-0831	E1443	Euronak

Market PT. Nesinak Industries adalah 60% untuk kebutuhan domestik, dan 40% untuk kebutuhan export. *Customer* dari dalam negeri antara lain : PT. Indonesia Epson Industries, PT. Denso Indonesia Corp, PT. Asmo Indonesia, PT. Aisin Indonesia, PT. Keihin Indonesia, PT. Yamaha Music Manufacturing Asia, PT. Mikuni Indonesia. Untuk *Customer* dari luar negeri antara lain : Siamnak Trading Co. Ltd (Thailand), Thainak Industries Co. Ltd (Thailand), Gomunoiraki Co. Ltd (Jepang), Ainak Inc (USA), Euronak (Cezh).

4.1.2 Kebijakan Perusahaan

Pelbagai macam kebijakan yang diterapkan oleh PT. Nesinak Industries antara lain adalah :

Kebijakan Mutu

1. Kebaikan yang berkelanjutan untuk kualitas dengan mengutamakan "0" keluhan pelanggan dan meningkatkan produktifitas sebesar 10% dari tahun 2012.
2. Mengelola sistem manajemen mutu secara profesional dengan mengacu kepada persyaratan dan ketentuan ISO 9001 :2008 dan ISO TS 16949-2009 dan secara berkesinambungan memperbaiki efektifitas sistem manajemen mutu.
3. Menghasilkan produk yang berkualitas sesuai dengan standar mutu dan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Kebijakan Lingkungan

1. Menggunakan sumber daya alam dan energi dengan efisien.
2. Mendorong penghematan energi dalam seluruh aktifitas perusahaan.
3. Mematuhi semua ketentuan hukum dan peraturan, persyaratan lainnya serta standar yang ditetapkan perusahaan yang berkaitan dengan pelestarian lingkungan, mengacu pada ketentuan ISO 14001 :2004.

Kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Mencegah setiap kerugian, kecelakaan, dan penyakit akibat kerja.
2. Mengkomunikasikan setiap peraturan perundangan , ketentuan dan kebijakan mutu K3 kepada seluruh karyawan dan pihak terkait lainnya.
3. Menyediakan kerangka kerja bagi perusahaan dan peninjauan sasaran K3.

Prinsip-Prinsip Etika Perusahaan

1. Nesinak berusaha untuk menjadi perusahaan yang jujur dan patut dicontoh, dipandu oleh tindakan yang masuk akal dan adil serta digerakkan oleh kepatuhan pada prinsip-prinsip etika yang sesuai dengan hukum yang berlaku untuk menghormati semua pemangku kepentingan.

2. Jika seseorang karyawan Nesinak melanggar panduan akan dikenakan tindakan berdasarkan peraturan dan ketentuan perusahaan.

4.1.3 Departemen PT. Nesinak Industries

PT. Nesinak Industries terdiri dari beberapa departemen yang fungsinya untuk menunjang kelancaran produksi perusahaan, antara lain :

4.1.3.1 Departemen PPC (Production Planning & Control)

- a. Menyiapkan jadwal produksi sebagai acuan kerja departemen produksi dan departemen pendukungnya, berdasarkan angka pesanan pelanggan dan ketersediaan stock.
- b. Membuat permintaan pengadaan bahan baku dan bahan penolong untuk keperluan produksi.
- c. Melakukan pemantuan atas persediaan bahan baku dan bahan penolong, barang setengah jadi dan barang jadi.
- d. Melakukan pembongkaran kemasan bahan baku dan bahan penolong dan menyalurkannya ke jalur-jalur produksi sesuai dengan jadwal produksi.
- e. Melakukan penerimaan atas kedatangan bahan baku dan bahan penolong, baik dari pemasok maupun barang kiriman dari pelanggan.
- f. Melakukan pemuatan barang jadi untuk dikirim kepada pelanggan.

- g. Melakukan pencatatan atas semua transaksi arus barang, baik atas bahan baku dan penolong, barang setengah jadi maupun barang jadi.

4.1.3.2 Departemen Produksi

- a. Melakukan proses pemesinan bahan baku untuk menghasilkan barang setengah jadi maupun jadi sesuai dengan pedoman kerja dan jadwal produksi.
- b. Melakukan proses perakitan dari bahan baku dan bahan penolong serta barang setengah jadi menjadi barang jadi sesuai dengan pedoman kerja dan jadwal produksi.
- c. Melakukan proses pengujian atas barang jadi hasil akhir dari proses perakitan sesuai dengan pedoman kerja dan jadwal produksi.
- d. Melakukan pencatatan kegiatan produksi, utamanya menyangkut produktifitas, efisiensi dan kualitas.

4.1.3.3 Departemen QC (Quality Control)

- a. Melakukan kalibrasi alat ukur yang digunakan pada proses produksi.
- b. Melakukan pemeriksaan akhir pada barang jadi yang akan dikirim ke pelanggan.

- c. Melakukan pengukuran untuk menjaga hasil proses produksi selalu sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.
- d. Menyiapkan standar-standar inspeksi untuk menjaga hasil proses produksi selalu sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.
- e. Melakukan patroli pada jalur produksi untuk memastikan berjalannya sistem pengendalian mutu yang ditentukan.
- f. Melakukan proses validasi atas bahan baku / produk baru dari pemasok.
- g. Melakukan penanganan (termasuk klaim) terhadap ketidaksesuaian produk dari vendor/pemasok.

4.1.3.4 Departemen QA (Quality Assurance)

- a. Merancang sistem pengendalian mutu yang akan diterapkan pada kegiatan produksi.
- b. Menangani dan menyelesaikan tuntutan klaim dari pelanggan.
- c. Berhubungan dengan pihak pelanggan dalam hal penanganan ketidaksesuaian produk.
- d. Melakukan audit fasilitas dan proses produksi dari para pemasok.
- e. Melakukan pengendalian terhadap dokumen & data.
- f. Memprakarsai dan mengusulkan perbaikan dan mengembangkan sistem manajemen mutu.

4.1.3.5 Departemen Purchasing

- a. Melakukan pembelian bahan baku / bahan penolong atas permintaan departemen PPC
- b. Melakukan pembelian barang-barang keperluan penunjang kegiatan produksi atas permintaan bagian lin.
- c. Melakukan klaim atas ketidaksesuaian jumlah barang kiriman pemasok.
- d. Melakukan seleksi calon pemasok guna membuat daftar pemasok sebagai acuan sumber pembelian.
- e. Melakukan evaluasi/penilaian prestasi pemasok.

4.1.3.6 Departemen Maintenance

- a. Membuat jadwal perawatan atas semua mesin/peralatan produksi.
- b. Melaksanakan perawatan / pemeliharaan atas semua mesin / peralatan produksi sesuai dengan jadwal produksi yang telah dibuat.
- c. Melakukan perbaikan mesin / peralatan yang mengalami gangguan diluar jadwal perawatan.
- d. Menyiapkan desain / modifikasi jalur produksi guna mengantisipasi perubahan desain / model baru produk.
- e. Menyiapkan alat bantu produksi : jig, fixtures, pallet, alat ukur lapangari, dan sebagainya sehubungan dengan rencana / pelaksanaan perubahan desain / modifikasi produk.

4.1.3.7 Departemen PGA (Personnel & General Affair)

- a. Menyiapkan dan membina sumber daya manusia guna keperluan proses produksi serta penunjangnya.
- b. menyiapkan peraturan perusahaan / tata tertib pekerja / kesepakatan kerja bersama dengan serikat pekerja yang diakui perusahaan.
- c. Menyiapkan dan melakukan pembayaran upah kepada pekerja.
- d. Menyiapkan / melaksanakan program pelatihan kerja.
- e. Memberikan penghargaan dan sanksi berdasarkan atas peraturan / tata tertib / kesepakatan kerja yang berlaku.
- f. Menyiapkan dan memroses perijinan-perijinan yang diperlukan dalam menjalankan perusahaan.
- g. Menyiapkan / melaksanakan sistem pengamanan aset perusahaan.

4.1.3.8 Departemen FA (Finance-Accounting)

- a. Mencatat dan mengolah transaksi yang berhubungan dengan keuangan perusahaan.
- b. Melaporkan secara berkala, kinerja keuangan perusahaan kepada manajemen sebagai informasi untuk pengambilan keputusan atau kebijakan dimasa yang akan datang.
- c. Menyiapkan rencana usaha (*business plan*) untuk jangka pendek, menengah dan jangka panjang.

- d. Mencatat, mengolah dan melaporkan transaksi yang menyangkut kewajiban perpajakan.
- e. Mengelola penerimaan dan penggunaan dana untuk operasional perusahaan.
- f. Membuat anggaran (*budget*) operasional keuangan perusahaan.

4.1.3.9 Departemen Engineering

- a. Membuat rancangan proses produksi
- b. Mempelajari dan menyiapkan cara pengendalian, pemrosesan, perlengkapan inspeksi, pemegang serta perkakas kerja lainnya.
- c. Menyiapkan standar proses produksi dan melakukan revisi sehubungan dengan perubahan desain / modifikasi produk.
- d. Mengendalikan adanya perubahan proses dan kegiatannya.
- e. Mencari dan mengembangkan sumber / pemasok bahan baku / penolong untuk keperluan proses produksi.
- f. Memelihara jalur komunikasi dengan pelanggan dan atau prinsipal sehubungan dengan perubahan desain / modifikasi atas produk.
- g. Mengendalikan pelaksanaan perubahan desain / modifikasi produk kepada bagian yang terkait.

4.1.5 Data Hasil Pengukuran Radius Produk

Penelitian dimulai dengan melakukan pengukuran produk Gasket BT015008-0950 pada hasil proses produksi yang dilakukan pada dua tahap. Tahap awal pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali (Gasperz, 2002 : 121).

Yaitu sebelum diimplementasikan metode *Six Sigma* pada periode 24 Desember 2012 s/d 18 Januari 2013, di mana tiap harinya diambil 10 sampel yang akan digunakan sebagai obyek penelitian. Selanjutnya akan dilakukan pengukuran produk tahap kedua yaitu pada hasil proses produksi setelah dilakukan implementasi *Six Sigma* berdasarkan uji Design of Experiment pada periode 4 Februari s/d 23 Februari 2013.

Pengukuran radius ini dilakukan dengan menggunakan alat micrometer dengan skala pembacaan terkecil 1 micron dan pengukuran ini dilakukan selama 20 hari dimana setiap harinya diambil sampel sebanyak 10 pcs. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data Hasil Pengukuran Radius Produk Gasket

BT 0155008-0950

Contoh (Sample)	Pengukuran Pada Unit Contoh (n=10)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,47	1,47	1,49	1,46	1,49	1,48	1,49	1,51	1,51	1,54
2	1,47	1,47	1,50	1,51	1,50	1,51	1,51	1,55	1,50	1,51
3	1,51	1,54	1,48	1,48	1,49	1,48	1,49	1,49	1,49	1,46
4	1,54	1,50	1,50	1,49	1,49	1,49	1,47	1,49	1,49	1,48
5	1,50	1,50	1,50	1,52	1,49	1,54	1,51	1,51	1,46	1,47
6	1,46	1,49	1,49	1,50	1,49	1,53	1,50	1,50	1,48	1,48
7	1,49	1,49	1,50	1,51	1,50	1,46	1,49	1,49	1,54	1,51
8	1,50	1,49	1,49	1,47	1,48	1,48	1,54	1,52	1,49	1,49
9	1,55	1,50	1,51	1,49	1,46	1,49	1,51	1,50	1,51	1,50
10	1,48	1,49	1,54	1,50	1,49	1,49	1,50	1,49	1,48	1,46
11	1,54	1,50	1,48	1,49	1,47	1,49	1,48	1,49	1,49	1,53
12	1,50	1,49	1,50	1,49	1,50	1,50	1,49	1,53	1,46	1,51
13	1,53	1,49	1,49	1,49	1,45	1,49	1,49	1,50	1,49	1,50
14	1,49	1,49	1,47	1,48	1,50	1,49	1,50	1,48	1,54	1,49
15	1,49	1,45	1,49	1,51	1,50	1,49	1,51	1,54	1,48	1,50
16	1,50	1,51	1,49	1,48	1,49	1,51	1,49	1,46	1,53	1,49
17	1,50	1,49	1,50	1,49	1,49	1,54	1,49	1,50	1,50	1,46
18	1,54	1,49	1,50	1,48	1,46	1,49	1,47	1,48	1,49	1,50
19	1,53	1,50	1,49	1,49	1,50	1,50	1,47	1,48	1,54	1,50
20	1,47	1,48	1,49	1,49	1,48	1,50	1,49	1,49	1,54	1,49

4.2 PENGOLAHAN DATA

4.2.1 Define

Pada tahap ini akan didefinisikan beberapa hal terkait dengan criteria pemilihan proyek, proses-proses kunci dalam program *Six Sigma* beserta pelanggannya yang dinyatakan dalam diagram SIPOC dan kebutuhan spesifik dari pelanggan yang dinyatakan dalam CTQ.

4.2.1.1 Pemilihan Proyek Six Sigma

Berdasarkan informasi dari *Quality Control*, ada masalah rendahnya kapabilitas proses pada karakteristik kualitas terhadap spesifikasi yang ditetapkan pelanggan untuk produk Gasket BT015008-0950, dikatakan rendah karena nilai kapabilitas proses (C_p) adalah $C_p < 1,00$ dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4.3. Data Kapabilitas Proses Karakteristik Kualitas Gasket
BT015008-0950**

No	Standard Dimention	Tolerance Dimention	C_p
1	Ø 70,7	+0,2 / -0,6	1,27
2	4,5	± 0,1	1,23
3	4,8	± 0,1	1,43
4	R 1,5	± 0,05	0,76
5	1	± 0,1	1,34
6	0,3	± 0,1	2,22
7	3	± 0,1	1,67

Berdasarkan tabel diatas diketahui kapabilitas proses untuk karakteristik kualitas radius produk gasket BT015008-0950 adalah $0,76 < 1,00$, sehingga karakteristik kualitas ini yang ditindaklanjuti untuk segera dilakukan tindakan perbaikan.

4.2.1.2 Diagram SIPOC

SIPOC merupakan suatu alat yang berguna yang dapat dipergunakan dalam manajemen dan peningkatan proses. Nama SIPOC merupakan akronim dari lima elemen utama dalam sistem kualitas, yaitu *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*.

Berikut ini adalah tabel diagram SIPOC proses pembuatan produk Gasket BT015008-0950 pada PT Nesinak Industries.

Tabel 4.4. Diagram SIPOC Proses Produksi Gasket BT 0155008-0950 pada PT Nesinak Industri

<i>Suppliers</i>	<i>Inputs</i>	<i>Process</i>	<i>Outputs</i>	<i>Customers</i>
PT. Yamatogomu Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rubber Compunds (NN 7113) ➤ Chemical : <ul style="list-style-type: none"> • Seats GS • Percumyld 	Process Description : Gasket BT015008-0950 	Gasket Cap BT015008- 0950	Siamnak Trading Co. Ltd

4.2.1.3 Menentukan CTQ

Critical to Quality merupakan atribut-atribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Merupakan elemen dari suatu produk, proses, atau praktek-praktek yang berdampak langsung pada kepuasan pelanggan.

Berdasarkan permintaan pelanggan, diketahui pelanggan menginginkan produk Gasket BT015008-0950 dengan radius : $1,50 \pm 0,05$ mm. Dalam terminology program peningkatan kualitas *Six Sigma* dapat dinyatakan bahwa :

- Nilai target (T) = 1,50 mm
- USL (*Upper Specification Limit*) = 1,55 mm
- LSL (*Lower Specification Limit*) = 1,45 mm

4.2.1.4 Pengujian Kecukupan Data

Uji kecukupan data diperlukan untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan yang dapat dilihat pada tabel 4.2 hasil pengukuran radius produk Gasket BT015008-0950 telah cukup secara obyektif. Tingkat ketelitian yang digunakan adalah sebesar 5% dengan tingkat keyakinan sebesar 95%. Adapun pengujiannya menggunakan tabel dibawah ini berdasarkan dari tabel 4.2 hasil pengukuran radius produk Gasket BT015008-0950, sebagai berikut.

Tabel 4.5 Perhitungan Jumlah X_i dan Jumlah X_i^2 pada Data Pengukuran Radius Produk Gasket BT015008-0950

SubGroup	Jumlah X_i	Jumlah X_i^2
1	14,91	22,24
2	15,03	22,59
3	14,91	22,23
4	14,94	22,32
5	15,00	22,50
6	14,92	22,26
7	14,93	22,44
8	14,95	22,35
9	15,02	22,56
10	14,92	22,26
11	14,96	22,38
12	14,97	22,41
13	14,93	22,29
14	14,93	22,29
15	14,96	22,39
16	14,95	22,35
17	14,96	22,38
18	14,90	22,21
19	15,00	22,50
20	14,92	22,26
Jumlah	299,06	447,26

Perhitungan pengujian kecukupan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{N (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{200 (447,26) - (299,06)^2}}{299,06} \right]^2$$

$$N' = 0,28$$

Berdasarkan perhitungan pengujian kecukupan data diatas dapat disimpulkan bahwa kecukupan data sudah sesuai dengan menilai dari $N' < N$ sehingga pengolahan data dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.

4.2.2 Measure

Measure adalah langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini akan diukur nilai dari DPMO produk Gasket BT015008-0950 dan level sigma untuk ditetapkan sebagai baseline kinerja pada awal program peningkatan kualitas *Six Sigma*.

4.2.2.1 Pengukuran Nilai \bar{X} , R dan S

Dalam mengukur nilai DPMO dan level sigma harus diketahui terlebih dahulu nilai dari rata-rata (\bar{X}), *Range* (R) dan standar deviasi proses (S) dari hasil pengukuran radius gasket pada tabel 4.1.

Nilai *Range* (R) adalah jarak antara nilai antara pengukuran terbesar dan nilai pengukuran terkecil.

$$\text{➤ } R = X_{max} - X_{min}$$

Sedangkan *Standard deviasi* adalah rata-rata perbedaan antara setiap nilai dalam serangkaian nilai dan *mean* (rata-rata) semua nilai dalam seri pengukuran.

$$\text{➤ } S = \frac{R}{d_2}$$

Nilai d_2 yang dipergunakan untuk sampel $n = 10$ adalah 3,078 (lampiran 2). Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 6. Hasil Perhitungan Nilai \bar{X} , R dan S

Contoh (Sample)	Pengukuran Pada Unit Contoh (n=10)										Perhitungan yang Diperlukan			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Jumlah	X	R	S = R/d2
1	1,47	1,47	1,49	1,46	1,49	1,48	1,49	1,51	1,51	1,54	14,91	1,49	0,08	0,025991
2	1,47	1,47	1,50	1,51	1,50	1,51	1,51	1,55	1,50	1,51	15,03	1,50	0,08	0,025991
3	1,51	1,54	1,48	1,48	1,49	1,48	1,49	1,49	1,49	1,46	14,91	1,49	0,08	0,025991
4	1,54	1,50	1,50	1,49	1,49	1,49	1,47	1,49	1,49	1,48	14,95	1,50	0,07	0,022742
5	1,50	1,50	1,50	1,52	1,49	1,54	1,51	1,51	1,46	1,47	15,00	1,50	0,08	0,025991
6	1,46	1,49	1,49	1,50	1,49	1,53	1,50	1,50	1,48	1,48	14,93	1,49	0,07	0,022742
7	1,49	1,49	1,50	1,51	1,50	1,46	1,49	1,49	1,54	1,51	14,99	1,50	0,08	0,025991
8	1,50	1,49	1,49	1,47	1,48	1,48	1,54	1,52	1,49	1,49	14,95	1,50	0,07	0,023392
9	1,55	1,50	1,51	1,49	1,46	1,49	1,51	1,50	1,51	1,50	15,01	1,50	0,09	0,029240
10	1,48	1,49	1,54	1,50	1,49	1,49	1,50	1,49	1,48	1,46	14,92	1,49	0,08	0,025991
11	1,54	1,50	1,48	1,49	1,47	1,49	1,48	1,49	1,49	1,53	14,96	1,50	0,07	0,022742
12	1,50	1,49	1,50	1,49	1,50	1,50	1,49	1,53	1,46	1,51	14,98	1,50	0,07	0,022742
13	1,53	1,49	1,49	1,49	1,45	1,49	1,49	1,50	1,49	1,50	14,93	1,49	0,08	0,025991
14	1,49	1,49	1,47	1,48	1,50	1,49	1,50	1,48	1,54	1,49	14,93	1,49	0,07	0,022742
15	1,49	1,45	1,49	1,51	1,50	1,49	1,51	1,54	1,48	1,50	14,96	1,50	0,09	0,029240
16	1,50	1,51	1,49	1,48	1,49	1,51	1,49	1,46	1,53	1,49	14,95	1,50	0,07	0,022742
17	1,50	1,49	1,50	1,49	1,49	1,54	1,49	1,50	1,50	1,46	14,95	1,50	0,08	0,025991
18	1,54	1,49	1,50	1,48	1,46	1,49	1,47	1,48	1,49	1,50	14,90	1,49	0,08	0,025991
19	1,53	1,50	1,49	1,49	1,50	1,50	1,47	1,48	1,54	1,50	15,01	1,50	0,07	0,022742
20	1,47	1,48	1,49	1,49	1,48	1,50	1,49	1,49	1,54	1,49	14,92	1,49	0,07	0,022742
Nilai d2 untuk ukuran contoh n = 10 adalah 3,078 (Lihat lampiran B)											Jumlah	29,91	1,53	0,497726
											Rata-rata	1,4954	0,08	0,024886

Selanjutnya data hasil perhitungan Rata-rata (\bar{X}), *Range* (R) dan Standard deviasi (S) diatas digunakan untuk melakukan perhitungan DPMO dan level Sigma.

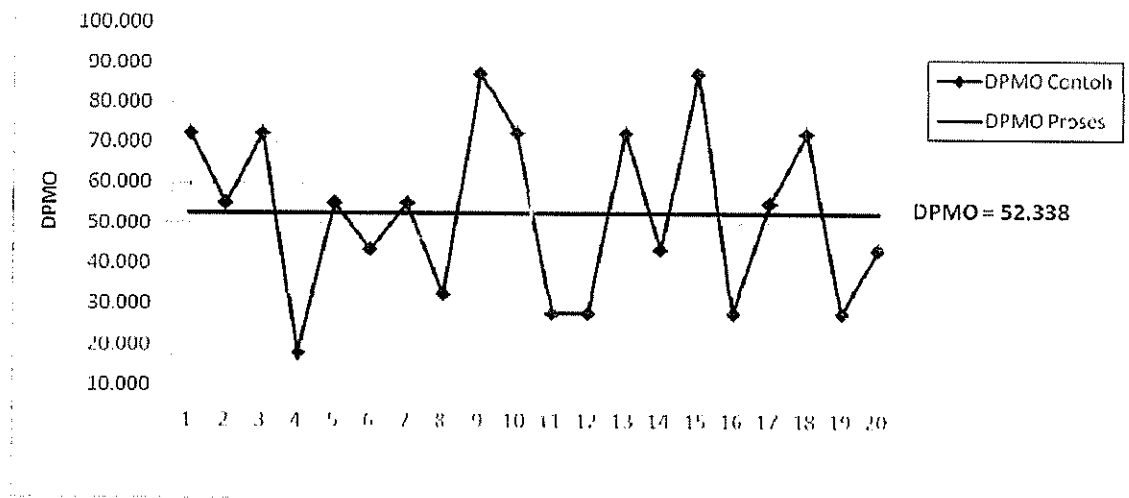
4.2.2.2 Pengukuran Nilai DPMO dan Level Sigma

DPMO merupakan ukuran kegagalan dalam program peningkatan kualitas Six Sigma, yang menunjukkan kegagalan per satu juta kesempatan. Target dari pengendalian kualitas Six Sigma Motorola sebesar 3,4 DPMO diinterpretasikan sebagai dalam satu unit produk tunggal terdapat rata-rata kesempatan untuk gagal dari suatu karakteristik kualitas adalah hanya 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan yang kemudian nilai DPMO tersebut dikonversi menjadi nilai sigma. Karakteristik kualitas yang diteliti untuk dilakukan tindakan perbaikan adalah radius pada produk Gasket BT015008-0950. Berikut ini merupakan tabel perhitungan DPMO dan nilai sigma dari pengukuran radius Gasket BT015008-0950.

Tabel 4. 7. Hasil Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma

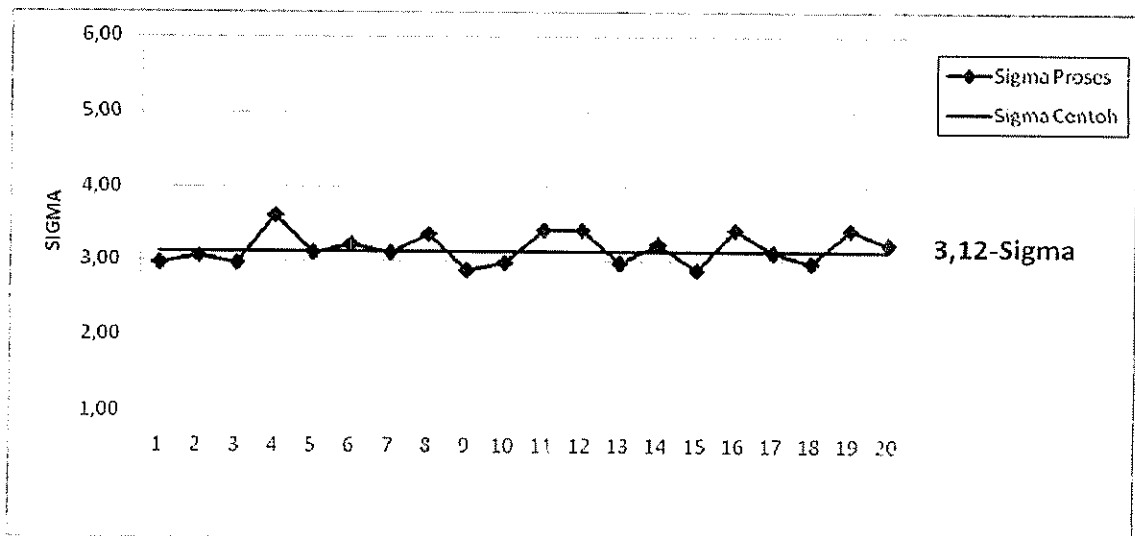
No	Rata-Rata (\bar{X} -bar)	Range (R)	Standar Deviasi (R/d2)	(USL-xbar)/s	Tabel z	(1-z)x1000000	(LSL-xbar)/s	Tabel z	(z)x1000000	DPMO	SIGMA
1	1,49	0,08	0,025991	2,31	0,989556	10,444	-1,54	0,061780	61,780	72,224	2,96
2	1,50	0,08	0,025991	1,92	0,972571	27,429	-1,92	0,027429	27,429	54,858	3,06
3	1,49	0,08	0,025991	2,31	0,989556	10,444	-1,54	0,061780	61,780	72,224	2,96
4	1,50	0,07	0,022742	2,64	0,995855	4,145	-2,20	0,013903	13,903	18,048	3,60
5	1,50	0,08	0,025991	1,92	0,972571	27,429	-1,92	0,027429	27,429	54,858	3,10
6	1,49	0,07	0,022742	2,64	0,995855	4,145	-1,76	0,039204	39,204	43,349	3,21
7	1,50	0,08	0,025991	1,92	0,972571	27,429	-1,92	0,027429	27,429	54,858	3,10
8	1,50	0,07	0,023392	2,14	0,983823	16,177	-2,14	0,016177	16,177	32,354	3,35
9	1,50	0,09	0,029240	1,71	0,956367	43,633	-1,71	0,043633	43,633	87,266	2,86
10	1,49	0,08	0,025991	2,31	0,989556	10,444	-1,54	0,061780	61,780	72,224	2,96
11	1,50	0,07	0,022742	2,20	0,986097	13,903	-2,20	0,013903	13,903	27,806	3,41
12	1,50	0,07	0,022742	2,20	0,986097	13,903	-2,20	0,013903	13,903	27,806	3,41
13	1,49	0,08	0,025991	2,31	0,989556	10,444	-1,54	0,061780	61,780	72,224	2,96
14	1,49	0,07	0,022742	2,64	0,995855	4,145	-1,76	0,039204	39,204	43,349	3,21
15	1,50	0,09	0,029240	1,71	0,956367	43,633	-1,71	0,043633	43,633	87,266	2,86
16	1,50	0,07	0,022742	2,20	0,986097	13,903	-2,20	0,013903	13,903	27,806	3,41
17	1,50	0,08	0,025991	1,92	0,972571	27,429	-1,92	0,027429	27,429	54,858	3,10
18	1,49	0,08	0,025991	2,31	0,989556	10,444	-1,54	0,061780	61,780	72,224	2,96
19	1,50	0,07	0,022742	2,20	0,986097	13,903	-2,20	0,013903	13,903	27,806	3,41
20	1,49	0,07	0,022742	2,64	0,995855	4,145	-1,76	0,039204	39,204	43,349	3,21
Jumlah	29,91	1,53	0,50							1.046.757	63
Rata-rata	1,4954	0,0766	0,0249							52.338	3,12

Berbagai nilai DPMO dan kapabilitas sigma di dalam tabel 4.6, apabila ditebarkan ke dalam grafik maka akan tampak seperti dalam gambar 4.1 dan gambar 4.2.



Gambar 4.1. Grafik Pola DPMO Radius Produk Gasket BT015008-0950

Selama Proses Produksi



Gambar 4.2. Grafik Pola Nilai Kapabilitas Sigma untuk Radius Produk

Gasket BT015008-0950 Selama Proses Produksi

Dari gambar 4.1 dan 4.2 menunjukkan pola DPMO dan pencapaian sigma dari karakteristik kualitas (CTQ) radius produk yang belum konsisten, masih bervariasi naik – turun, sekaligus menunjukkan bahwa proses produksi Gasket BT015008-0950 masih ada yang belum terkelola secara tepat. Dan sebagai baseline kinerja dari radius produk maka digunakan nilai DPMO = 52.338 pcs dan Kapabilitas Sigma = 3,12-Sigma sebagai baseline kinerja.

4.2.3 Analyze

Analyze merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini akan dilakukan beberapa hal berikut.

4.2.3.1 Menentukan Nilai UCL dan LCL

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan (lihat tabel 4.7) diketahui bahwa : DPMO = 52.338 pcs dan Kapabilitas Sigma = 3,12. Berdasarkan informasi dari perusahaan yang bersumber dari pelanggan juga diketahui bahwa spesifikasi radius yang diinginkan pelanggan adalah: $T = 1,50 \text{ mm}$; $USL = 1,55 \text{ mm}$; $LSL = 1,45 \text{ mm}$.

Berdasarkan informasi tersebut, dapat diketahui bahwa batas toleransi standar deviasi maksimum bagi proses produksi Gasket BT015008-0950 pada tingkat 3,12-Sigma adalah :

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{1}{(2 \times \text{nilai kapabilitas sigma})} \times (USL - LSL) \\
 &= \frac{1}{(2 \times 3,12)} \times (1,55 - 1,45) \\
 &= 0,0160256
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCL &= T + (1,5 \times S_{maks}) \\
 &= 1,50 + (1,5 \times 0,0160256) \\
 &= 1,52 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCL &= T - (1,5 \times S_{maks}) \\
 &= 1,50 - (1,5 \times 0,0160256) \\
 &= 1,48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.2.3.2 Pengujian Variasi Proses

Untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum S_{maks} pada tingkat kapabilitas 3,12-Sigma maka diperlukan uji hipotesis sebagai berikut :

- Jika $\{ (n-1)S^2 / (S_{maks})^2 \} \geq \chi^2 (\alpha; n-1)$, maka tolak H_0
- Jika $\{ (n-1)S^2 / (S_{maks})^2 \} < \chi^2 (\alpha; n-1)$, maka terima H_0

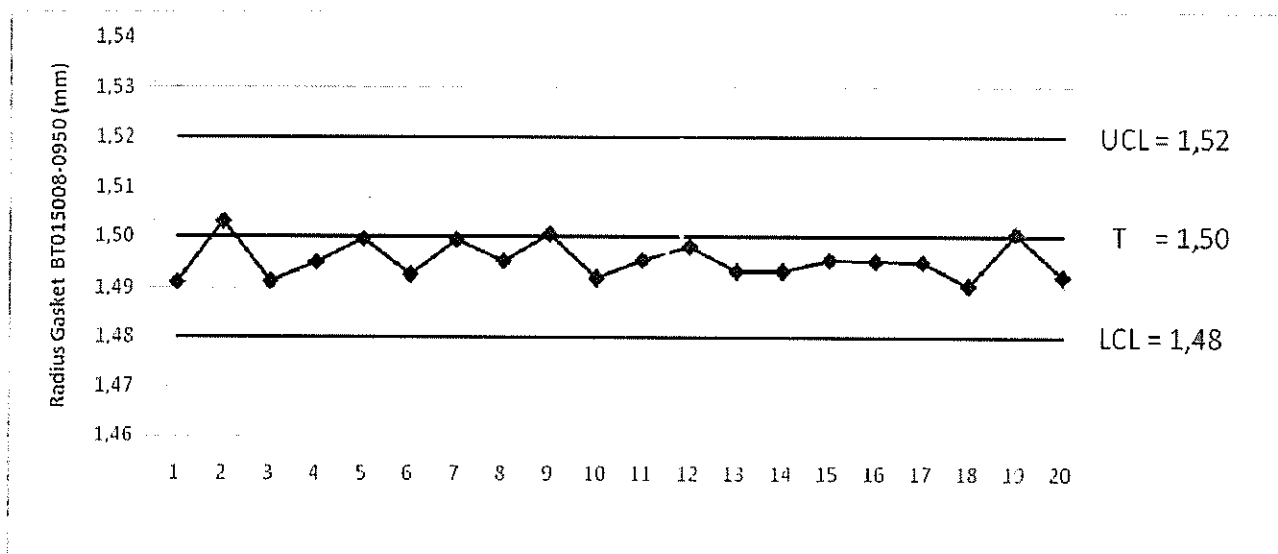
Pada penelitian ini, n = ukuran contoh yang dipergunakan untuk menghitung nilai S^2 , yaitu : 10 unit per pengamatan x 20 pengamatan = 200 unit produk, sedangkan $\chi^2 (\alpha; n-1)$ dapat dilihat pada lampiran C Distribusi Khi-kuadrat. Hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \left\{ \frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} \right\} &= \left\{ \frac{(200-1)0,024886^2}{(0,0160256)^2} \right\} \\ &= \left(\frac{199 \times 0,00061931}{0,00025682} \right) \\ &= 479,879 \end{aligned}$$

$\chi^2(0,05; 199) = 233,9943$ (dilihat pada lampiran 3 Distribusi Khi-kuadrat)

Karena nilai $\{ (n-1)S^2 / (S_{maks})^2 \} = 479,879 > \chi^2(\alpha; n-1) = 233,9943$ maka H_0 ditolak, dan dapat disimpulkan bahwa pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ atau tingkat kepercayaan $1 - 0,05 \% = 95 \%$, variasi radius produk Gasket BT015008-0950 pada tingkat 3,12-Sigma lebih besar daripada batas toleransi maksimum standar deviasi yang diizinkan pada tingkat 3,12-Sigma. Hal ini menunjukkan bahwa perusahaan harus secara serius melakukan reduksi terhadap variasi dari radius produk Gasket BT015008-0950.

Selanjutnya nilai rata-rata pengukuran radius Gasket BT015008-0950 (\bar{X} -bar) ditebarkan ke dalam peta control \bar{X} -bar menggunakan batas-batas control yang didefinisikan yaitu : UCL = 1,52 mm dan LCL = 1,48 mm. Peta control menggunakan konsep Six Sigma Motorola ditunjukkan dalam gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3. Peta Kontrol X-bar Radius Produk Gasket BT015008-0950 Menggunakan Konsep Six Sigma Motorola

Dari gambar 4.3 tampak bahwa nilai rata-rata radius produk bervariasi dalam batas-batas control yang ditetapkan pada tingkat kapabilitas proses sebesar 3,12-Sigma. Dari gambar 4.3 sekaligus juga memberikan informasi bahwa variasi proses disebabkan karena variasi dalam nilai individual radius produk Gasket BT 015008-0950, terbukti dari pengujian terhadap variasi proses yang menolak H_0 , berarti proses melebihi batas toleransi maksimum standar deviasi, S_{maks} , yang diizinkan pada tingkat kapabilitas 3,12-Sigma. Nilai rata-rata dikatakan stabil berada diantara $UCL = 1,52$ mm dan $LCL = 1,48$ mm.

Catatan : jika ditemukan adanya instabilitas dalam nilai rata-rata proses pada sigma tertentu, maka analisis kapabilitas proses tidak boleh dilakukan, kecuali setelah proses itu distabilkan.

4.2.3.3 Capability Process (Kemampuan Proses)

Capability Process merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen.

Menentukan *capability process* didapatkan dengan menggunakan indeks Cpm dan Cpmk sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C_{pm} &= \frac{(USL - LSL)}{\{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + (S)^2}\}} \\
 &= \frac{(1,55 - 1,45)}{\{6\sqrt{(1,4954 - 1,50)^2 + (0,024886)^2}\}} \\
 &= \frac{0,10}{\{6\sqrt{0,0006404}\}} \\
 &= \frac{0,10}{0,15} = 0,66
 \end{aligned}$$

Penggunaan *criteria rule of thumb* adalah sebagai berikut :

- Cpm $\geq 2,00$ maka proses sangat mampu memenuhi spesifikasi target kualitas yang ditetapkan oleh pelanggan dengan tingkat kegagalan mendekati *zero defect* (perusahaan kelas dunia).
- Cpm antara 1,00-1,99 maka proses dianggap cukup mampu, sehingga perlu peningkatan proses guna menuju target kegagalan *zero defect*.

- Cpm < 1,00 maka proses industry dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defect oriented*).

Karena nilai Cpm = 0,66 berarti kapabilitas proses masih rendah dan tidak mampu memenuhi spesifikasi target radius produk Gasket BT015008-0950 : 1,50 mm ± 0,05 mm. Hal ini tampak pula dari nilai DPMO = 52.338 dan Kapabilitas Sigma = 3,12, yang berarti dari satu juta kesempatan yang ada, maka akan terdapat 52.338 kemungkinan bahwa proses akan tidak mampu memenuhi spesifikasi target radius produk Gasket BT015008-0950 : 1,50 mm ± 0,05 mm.

Untuk mengetahui berapa persen range (*interval*) toleransi spesifikasi bagi nilai rata-rata (interval toleransi spesifikasi = USL – LSL) menyimpang dari nilai target (T) maka dihitung menggunakan formula sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ Off - target} &= \left\{ \frac{\text{Absolut } (\bar{X} - T)}{(USL - LSL)} \right\} \times 100 \% \\ &= \left\{ \frac{\text{Absolut } (1,4954 - 1,50)}{(1,55 - 1,45)} \right\} \times 100 \% \\ &= \left(\frac{0,005}{0,10} \right) \times 100 \% = 5 \% \end{aligned}$$

Tampak bahwa interval toleransi spesifikasi bagi nilai rata-rata (mean) proses telah bergeser atau menyimpang dari target (T) sebesar 5% dimana semakin besar nilai % Off Target menunjukkan bahwa

kemampuan proses semakin rendah untuk mencapai nilai target (T) yang ditetapkan sehingga peningkatan proses harus dilakukan.

Bersamaan dengan penggunaan indeks Cpm juga dipergunakan indeks Cpmk yang mengukur tingkat dimana output proses itu berada dalam batas-batas toleransi. Indeks Cpmk untuk hasil pengukuran radius produk Gasket BT015008-0950 dihitung menggunakan formula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Cpk &= \text{minimum} \left\{ \frac{(\bar{X} - LSL)}{3S} ; \frac{(USL - \bar{X})}{3S} \right\} \\
 &= \text{minimum} \left\{ \frac{(1,4954 - 1,45)}{(3 \times 0,024886)} ; \frac{(1,55 - 1,4954)}{(3 \times 0,024886)} \right\} \\
 &= \text{minimum}(0,608 ; 0,731) = 0,608
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cpmk &= \frac{Cpk}{\sqrt{1 + \left\{ \frac{(\bar{X} - T)}{S} \right\}^2}} \\
 &= \frac{0,608}{\sqrt{1 + \left\{ \frac{(1,4954 - 1,50)}{0,024886} \right\}^2}} \\
 &= \frac{0,608}{1,016} = 0,598
 \end{aligned}$$

Berdasarkan indeks Cpmk = 0,598; diketahui bahwa nilai rata-rata CTQ radius produk Gasket BT015008-0950 dari proses lebih mendekati ke batas spesifikasi bawah (LSL = 1,45 mm), sekaligus menunjukkan bahwa proses produksi Gasket BT015008-0950 belum mampu memenuhi

batas spesifikasi bawah (LSL = 1,45 mm) yang diinginkan oleh pelanggan. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi Gasket BT015008-0950 cukup banyak menghasilkan kegagalan, karena banyak produk yang dihasilkan akan berpeluang besar memiliki ketebalan di bawah nilai LSL = 1,45 mm, atau banyak produk yang dihasilkan akan memiliki radius lebih kecil daripada 1,45 mm.

Selanjutnya, untuk pengujian hipotesis indeks Cpmk maka digunakan formula sebagai berikut :

- $H_0 : Cpmk \leq 1,0$ (berarti proses tidak mampu, perlu pembenahan dan peningkatan sebelum menerapkan proyek Six Sigma).
- $H_1 : Cpmk > 1,0$ (berarti proses cukup mampu serta memiliki kesempatan terbaik untuk menerapkan proyek Six Sigma).

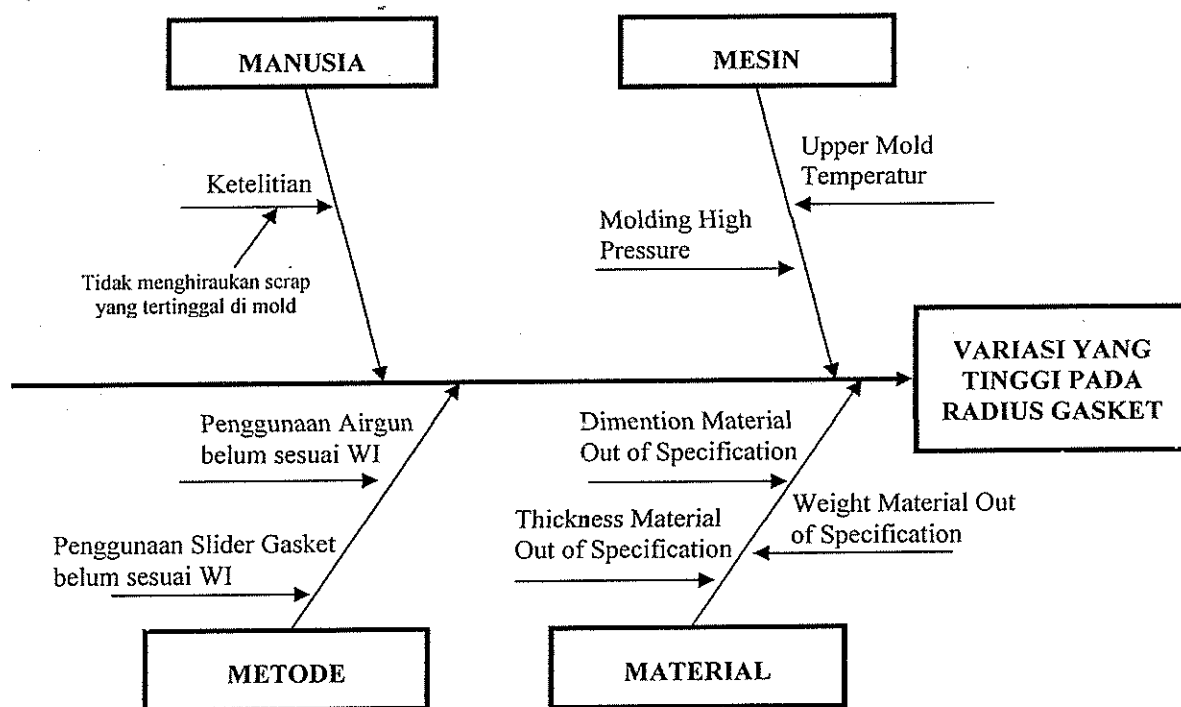
$$\begin{aligned}
 LC_{pmk ; 0,05} &= Cpmk - z_{0,05} \sqrt{\left\{ \frac{1}{9n} \right\} + \left\{ \frac{Cpmk^2}{(2n - 2)} \right\}} \\
 &= 0,598 - 1,645 \sqrt{\left\{ \frac{1}{(9 \times 200)} + \frac{(0,598)^2}{(2 \times 200) - 2} \right\}} \\
 &= 0,692 - 1,645 \sqrt{0,0145} \\
 &= 0,692 - 0,198 = 0,494
 \end{aligned}$$

Nilai $Lc_{pmk ; 0,05} = 0,494$ berada dalam kriteria $H_0 : Cpmk \leq 1,0$ ($0,494 < 1,0$) pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ atau tingkat kepercayaan $1 - 0,05 = 95\%$.

Berdasarkan data ini dapat disimpulkan bahwa proses produksi Gasket BT015008-0950 belum mampu untuk memenuhi spesifikasi radius produk yang diinginkan pelanggan, yaitu : $1,50 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$.

4.2.3.4 Diagram *Fish Bone*

Diagram *Fishbone* digunakan untuk menunjukkan faktor-faktor dan karakteristik kualitas (akibat) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab tersebut.



Gambar 4.4. Diagram *Fishbone* Variasi Radius Produk Gasket

BT015008-0950

Variasi yang terjadi pada radius produk Gasket BT015008-0950 yang dianalisa menggunakan diagram Fishbone untuk ditemukan kemungkinan besar penyebab masalahnya didasarkan pada 4 faktor yaitu, Manusia, Mesin, Metode dan Material.

Untuk faktor manusia, penyebab yang dapat terjadi sehingga mengakibatkan variasi yang tinggi pada radius produk Gasket adalah ketelitian operator pada saat mengangkat produk Gasket. Operator terburu-buru pada saat mengangkat produk sehingga operator lupa untuk membersihkan scrap produk yang tertinggal di mold. Scrap yang tertinggal di mold dapat tercampur kembali pada produk selanjutnya yang diproduksi sehingga akan mempengaruhi ukuran radius pada produk tersebut.

Untuk faktor mesin, pengaturan *Upper Mold Temperature* dan *Molding High Pressure* yang tidak tepat dapat menyebabkan variasi yang tinggi pada radius produk Gasket. Pengaturan *Temperature* dan *Pressure* mold yang tidak tepat akan menyebabkan produk Gasket pada saat proses produksi mengalami weld, weld merupakan suatu istilah untuk produk yang mengalami *Out of Spesification* atau mengarah ke *Out of Spesification*. Untuk produk Gasket BT015008-0950, suatu produk dikatakan weld apabila produk tersebut mengalami atau cenderung mengarah ke *Radius Out of Spesification 1,50 mm ± 0,05 mm*.

Dari faktor metode, yang bisa mengakibatkan variasi yang tinggi pada radius produk Gasket adalah penggunaan airgun dan slider gasket yang belum sesuai dengan WI (*Work Instruction*), fungsi airgun adalah

selain untuk memudahkan pelepasan produk juga berfungsi untuk membersihkan mold sebelum dilakukan produksi kembali, slider berfungsi sebagai alat bantu dalam meletakkan material di mold Gasket.

Dan yang terakhir dari faktor material, faktor yang dapat menyebabkan variasi yang tinggi pada radius produk Gasket adalah dimensi, ketebalan atau berat material yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Dimensi dari gasket adalah 29 ~ 33 (mm), ketebalan 5 ~ 7 (mm) dengan berat 6,00 ~ 6,20 gram.

4.2.4 Improvement

Setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas teridentifikasi, maka selanjutnya membuat rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap *Improvement* ini akan dilakukan beberapa hal berikut.

4.2.4.1 5W-1H

5W-1H adalah **What** (apa), **Why** (mengapa), **Where** (di mana), **When** (bilamana), **Who** (siapa), dan **How** (bagaimana). Penggunaan tabel 5W-1H untuk pengembangan rencana tindakan perbaikan terhadap variasi yang tinggi pada radius produk Gasket BT015008-0950 dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8. Rencana Perbaikan 5W-1H

No	Faktor	What		Where	How	Why	When	Who
		Masalah	Akibat					
1	Manusia	Operator terburu-buru pada saat mengangkat produk Gasket	Scrap tertinggal di mold	Mesin Molding	Diberikan <i>training</i>	Agar tidak mempengaruhi ukuran dari radius Gasket	18 Januari - 4 Februari 2013	Section Molding
2	Mesin	Setting <i>Upper Mold Temperature</i> dan <i>Molding High Pressure</i> yang tidak tepat	Produk mengalami <i>weld/out of specification radius</i>	Mesin Molding	Melakukan uji coba perbaikan Menggunakan metode DoE untuk mendapatkan setting terbaik untuk temperature dan pressure mesin	Agar tidak mempengaruhi ukuran dari radius Gasket	18 Januari - 23 Februari 2013	Section Engineering
3	Metode	Penggunaan airgun dan slider Gasket tidak sesuai <i>Work Instruction (WI)</i>	Material tidak center dengan cavity mold	Mesin Molding	Diberikan <i>training</i> penggunaan airgun dan slider	Agar tidak mempengaruhi ukuran dari radius Gasket	18 Januari - 4 Februari 2013	Section Molding
4	Material	Dimensi, ketebalan dan berat compound tidak sesuai spesifikasi yang ditetapkan	Produk mengalami <i>out of specification radius</i>	Mixing	Sediakan parameter produk pada setiap line	Agar tidak mempengaruhi ukuran dari radius Gasket	18 Januari - 4 Februari 2013	Section Mixing

4.2.4.2 Design of Experiment

DOE (*Design Of Experiment*) adalah perancangan percobaan dengan tiap langkah yang benar-benar terdefinisikan sedemikian rupa sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diselidiki dapat dikumpulkan, sehingga dapat dianalisis secara objektif dan dapat ditarik kesimpulan yang berlaku untuk persoalan tersebut. Langkah-langkah DoE dalam usaha mereduksi variasi radius Gasket BT015008-0950 akan dilakukan sebagai berikut.

1. Identifikasi faktor-faktor yang akan dievaluasi

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap variasi pada radius yang teridentifikasi merupakan penyebab timbulnya variasi proses. Dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan, dapat ditentukan dan diketahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap variasi pada radius Gasket. Hasilnya dapat terlihat pada gambar 4.4 diagram *fishbone* variasi radius produk Gasket BT015008-0950. Dari penyebab variasi, faktor dari mesin menjadi hal terpenting dalam usaha mereduksi variasi radius produk Gasket BT015008-0950.

2. Menentukan level faktor yang akan diuji

Penentuan level dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian yang akurat. level yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah 2 level, berikut adalah nilai tiap faktor pada level 1 yang menunjukkan *setting* awal dan level 2 yang menunjukkan *setting* usulan tiap faktor pada mesin.

Pemberian jumlah level dan nilai level hanya diberikan pada faktor yang dapat dikontrol yaitu :

Tabel 4.9. Penentuan Level dari Faktor *Design of Experiment*

Faktor	Level		Satuan
	1	2	
Temperature	178	180	Derajat (°) Celcius
Pressure	200	210	Kg / Cm ²

Berikut ini adalah penguraian jenis faktor beserta level penentuan dalam melakukan *Design of Eksperiment*.

1. Faktor *Temperature* Mesin

Faktor *temperature* mesin menjadi salah satu penyebab terjadinya rentang variasi yang tinggi pada radius produk Gasket BT015008-0950. Fungsi dari *temperature* adalah untuk melunakkan material (*rubber*) agar dapat menyebar memenuhi cavity mold. Pada kondisi awal, *setting temperature* mesin adalah 178 °C dengan *actual* pengecekan sebesar 178,4 °C.. Apabila pada kondisi ini pengaturan temperature masih kurang tepat produk akan mengalami weld. Weld merupakan suatu istilah untuk produk yang mengalami *Out of Spesification*, untuk weld pada produk Gasket adalah yang mengalami atau cenderung mengarah ke *Radius Out*

of Specification $1,50 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$, maka akan dilakukan peningkatan temperature mesin untuk produksi Gasket BT015008-0950 sebesar $180 \text{ }^\circ\text{C}$.

Maka didapatkan :

➤ Level 1 (awal) = $178 \text{ }^\circ\text{C}$

➤ Level 2 (Usulan) = $180 \text{ }^\circ\text{C}$

2. Faktor Pressure Mesin

Pressure mesin juga menjadi salah satu penyebab terjadinya rentang variasi yang tinggi pada radius produk Gasket BT015008-0950. Fungsi dari *pressure* itu sendiri adalah untuk memberikan tekanan (*pressure*) dengan kapasitas yang telah ditentukan kepada material agar material tersebut dapat mengalir atau menyebar memenuhi ruang atau cavity mold, cara kerja *pressure* juga dibantu temperature yang fungsinya untuk melunakkan material agar dapat menyebar memenuhi cavity mold. Pada kondisi awal setting *pressure* mesin untuk Gasket BT015008-0950 adalah sebesar 200 Kg / Cm^2 . Maka akan dilakukan peningkatan *pressure* sebesar 210 Kg / Cm^2 untuk produksi Gasket BT015008-0950.

Maka didapatkan :

➤ Level 1 (awal) = 200 Kg / Cm^2

➤ Level 2 (Usulan) = 210 Kg / Cm^2

Design of Experiment menggunakan faktor *temperature* (Level 1 = $178 \text{ }^\circ\text{C}$; Level 2 = $180 \text{ }^\circ\text{C}$) dan faktor *pressure* (Level 1 = 200 Kg / Cm^2 ; Level

2 = 210 Kg / Cm²) menghasilkan kombinasi pengacakan dengan 4 perlakuan sebagai berikut :

Tabel 4.10. Hasil Pengacakan *Design of Eksperimen*

Temperature (°C)	Pressure (Kg / Cm ²)
178	200
180	210
180	200
178	210
178	210
178	200
180	210
180	200
180	200
180	210
178	210
178	200
178	200
178	210
180	210
180	200

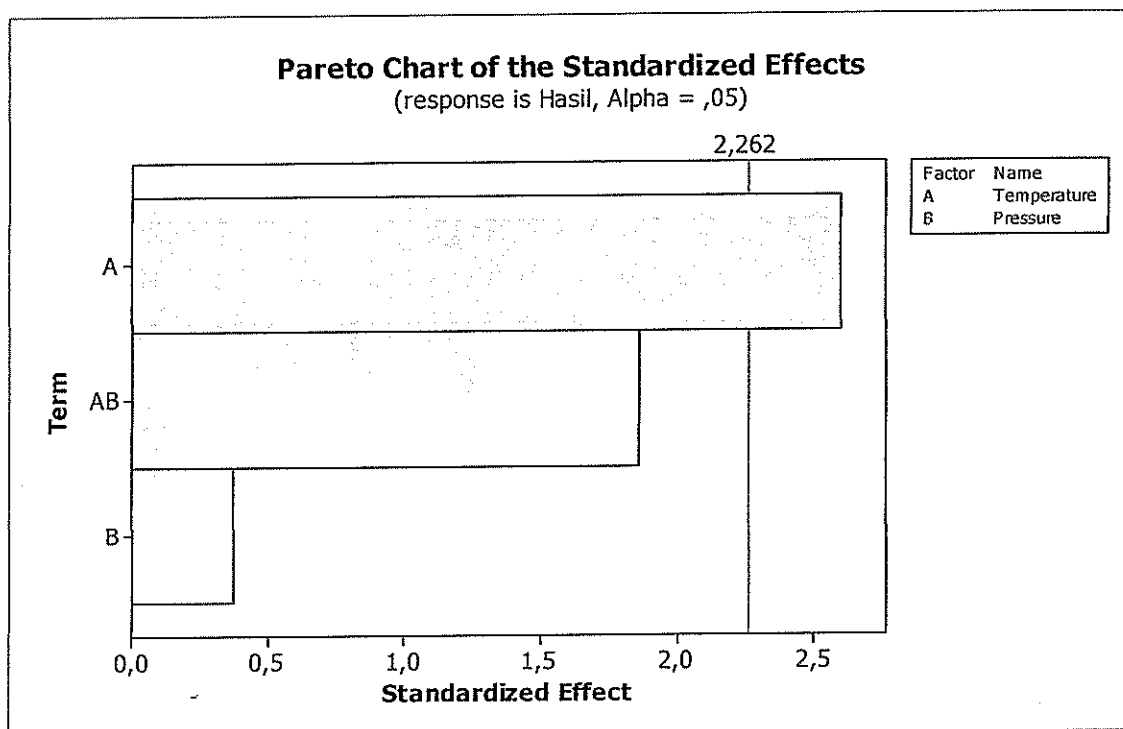
4.2.5 Control

4.2.5.1 Analisis Hasil *Design of Experiment*

Hasil *design* kombinasi pada tahap *Improvement* kemudian diterapkan pada proses produksi Gasket BT0150008-0950. Hasil pengukuran radius dari *design* kombinasi adalah sebagai berikut :

Tabel 4.11. Hasil Pengukuran Radius Gasket BT015008-0950 dari Uji Design of Eksperiment

No	Temperature (C)	Pressure (Kg / Cm)	Hasil (mm)										Jumlah	\bar{X}		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	178	200	1,51	1,46	1,50	1,51	1,50	1,51	1,50	1,51	1,50	1,52	1,51	1,53	15,05	1,51
2	180	210	1,50	1,50	1,47	1,50	1,49	1,49	1,51	1,49	1,50	1,47	1,53	1,50	14,97	1,50
3	180	200	1,53	1,49	1,49	1,49	1,46	1,49	1,49	1,49	1,49	1,51	1,51	1,50	14,95	1,50
4	178	210	1,49	1,49	1,53	1,49	1,48	1,47	1,48	1,47	1,49	1,49	1,50	1,50	14,93	1,49
5	178	210	1,51	1,51	1,53	1,50	1,51	1,52	1,50	1,50	1,51	1,51	1,47	1,49	15,05	1,51
6	178	200	1,50	1,53	1,50	1,50	1,50	1,49	1,47	1,50	1,50	1,50	1,49	1,49	14,97	1,50
7	180	210	1,50	1,49	1,46	1,49	1,49	1,49	1,49	1,50	1,50	1,53	1,48	1,50	14,94	1,49
8	180	200	1,50	1,50	1,48	1,49	1,47	1,48	1,49	1,49	1,48	1,48	1,50	1,54	14,94	1,49
9	180	200	1,47	1,49	1,49	1,50	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,50	1,53	1,50	14,95	1,49
10	180	210	1,47	1,48	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,51	1,52	1,53	1,49	14,95	1,50
11	178	210	1,50	1,50	1,52	1,46	1,50	1,50	1,48	1,48	1,50	1,51	1,50	1,50	14,97	1,50
12	178	200	1,50	1,49	1,51	1,51	1,53	1,50	1,53	1,50	1,53	1,52	1,51	1,47	15,07	1,51
13	178	200	1,51	1,52	1,47	1,50	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,53	1,50	1,50	15,06	1,51
14	178	210	1,50	1,51	1,51	1,50	1,48	1,47	1,50	1,49	1,50	1,49	1,49	1,53	14,98	1,50
15	180	210	1,50	1,50	1,48	1,49	1,50	1,49	1,50	1,49	1,50	1,48	1,54	1,49	14,97	1,50
16	180	200	1,48	1,50	1,50	1,46	1,48	1,49	1,48	1,49	1,48	1,50	1,50	1,52	14,90	1,49
												Jumlah	23,96			
												Rata-rata	1,4978			



Gambar 4.5. Diagram Pareto *Response Factor*

Dari hasil *Analysis for Variance for Hasil* (Lampiran E) nilai *main effect p-value* (0,077) dan *2-way Interactions* (0,096) > koefisien signifikan ($\alpha = 0,05$), yang berarti *main effect* dan *2-way Interactions* tidak terlalu berpengaruh secara signifikan terhadap hasil radius Gasket. Pada diagram pareto *main effect* yang pengaruh secara signifikan terlihat pada faktor *temperature* dan kombinasi antara *temperature* dengan *pressure* mesin. Pada grafik *Interaction Plot* (Lampiran E) kedua garis tidak parallel ini menunjukkan interaksi.

4.2.5.2 Menentukan Nilai \bar{X} dan R

Tabel berikut merupakan pengukuran nilai \bar{X} (Rata-rata) dan nilai R (Range) dari Gasket BT015008-0950.

Tabel 4.12. Rata-rata \bar{X} dan Range (R)

No	Rata-Rata (\bar{X}) Radius Gasket BT015008-0950	Range (R)
1	1,51	0,07
2	1,50	0,06
3	1,50	0,07
4	1,49	0,06
5	1,51	0,06
6	1,50	0,06
7	1,49	0,07
8	1,49	0,07
9	1,49	0,06
10	1,50	0,06
11	1,50	0,06
12	1,51	0,06
13	1,51	0,06
14	1,50	0,06
15	1,50	0,06
16	1,49	0,06
Jumlah	23,96	0,99
Rata-rata	1,4978	0,06

Nilai \bar{X} merupakan rata-rata pengukuran setiap observasi

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Nilai *Range* (R) adalah jarak antara nilai antara pengukuran terbesar dan nilai pengukuran terkecil.

$$R = X_{max} - X_{min}$$

4.2.5.3 Pengukuran Standar Deviasi (S)

Setelah nilai \bar{X} dan nilai R diketahui kemudian diukur kembali nilai Standar Deviasi (S) pada tabel berikut.

Tabel 4.13. Hasil Pengukuran Standar Deviasi

No	Rata-Rata (\bar{X}) Radius Gasket BT015008-0950	Range (R)	Standar Deviasi (S = R/d2)
1	1,51	0,07	0,022742
2	1,50	0,06	0,019493
3	1,50	0,07	0,022742
4	1,49	0,06	0,019493
5	1,51	0,06	0,019493
6	1,50	0,06	0,019493
7	1,49	0,07	0,022742
8	1,49	0,07	0,022742
9	1,49	0,05	0,019493
10	1,50	0,06	0,019493
11	1,50	0,06	0,019493
12	1,51	0,06	0,019493
13	1,51	0,06	0,019493
14	1,50	0,06	0,019493
15	1,50	0,06	0,019493
16	1,49	0,06	0,019493
Jumlah	23,96	0,99	0,324886
Rata-rata	1,4978	0,06	0,020305

Nilai d2 untuk ukuran contoh n = 10 adalah 3,078 (Lihat lampiran B)

Selanjutnya data hasil perhitungan *Range* dan *Standard deviasi* diatas digunakan untuk melakukan perhitungan DPMO dan level Sigma.

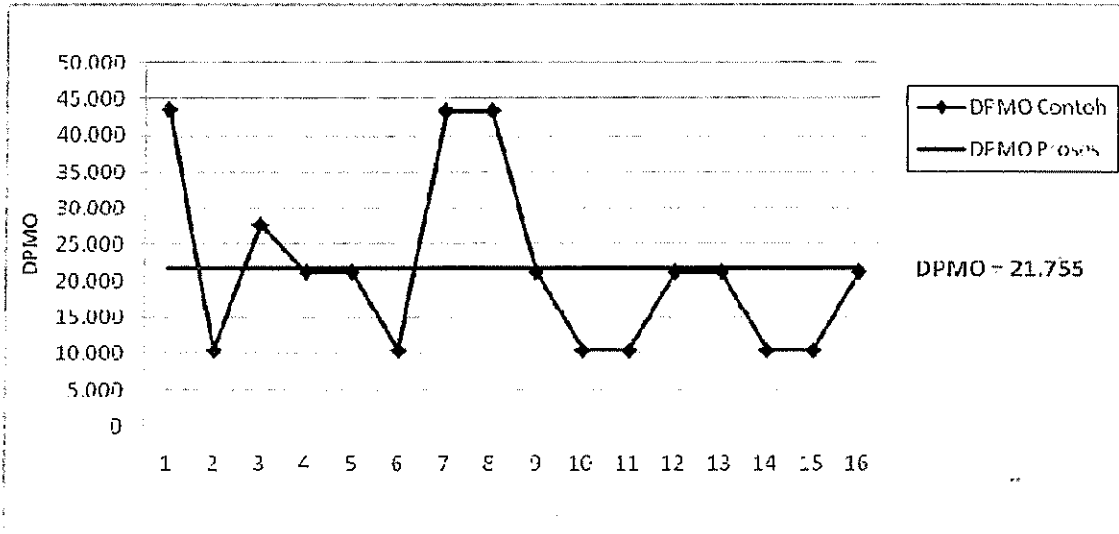
4.2.5.4 Pengukuran Nilai DPMO dan Level Sigma

DPMO merupakan ukuran kegagalan dalam program peningkatan kualitas Six Sigma, yang menunjukkan kegagalan per satu juta kesempatan. Target dari pengendalian kualitas Six Sigma Motorola sebesar 3,4 DPMO diinterpretasikan sebagai dalam satu unit produk tunggal terdapat rata-rata kesempatan untuk gagal dari suatu karakteristik kualitas adalah hanya 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan yang kemudian nilai DPMO tersebut dikonversi menjadi nilai sigma. Karakteristik kualitas yang diteliti adalah radius pada produk Gasket BT015008-0950. Berikut ini merupakan tabel perhitungan DPMO dan nilai sigma dari pengukuran radius Gasket BT015008-0950 setelah dilakukan tindakan perbaikan berdasarkan hasil pengujian *Design Of Experiment*.

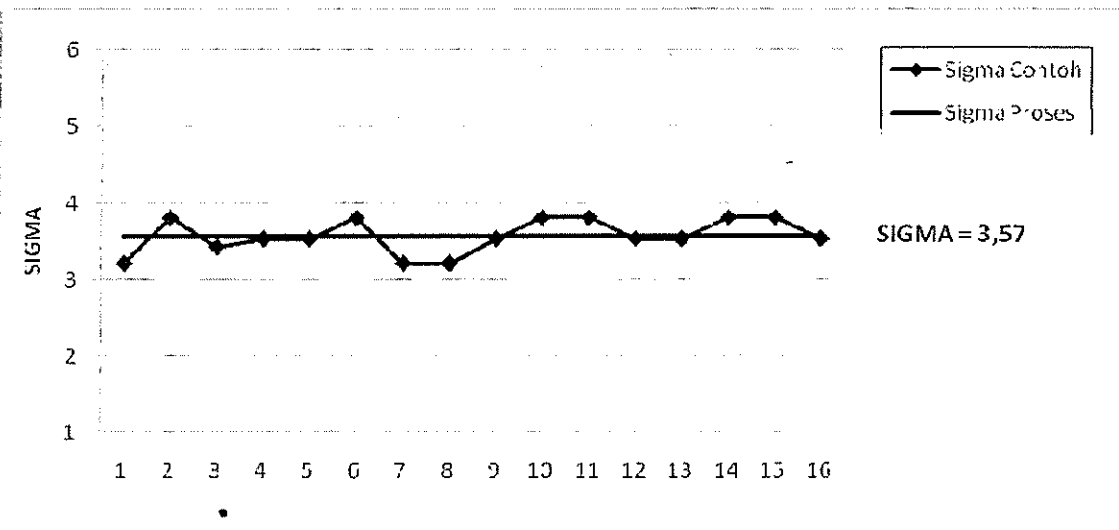
Tabel 4.14. Hasil Perhitungan DPMO dan Nilai Kapabilitas Sigma

No	Rata-Rata (\bar{X} -bar)	Range (R)	Standar Deviasi (R/d2)	(USL-xbar)/s	Tabel z	(1-z)x1000000	(LSL-xbar)/s	Tabel z	(z)x1000000	DPMO	SIGMA
1	1,51	0,07	0,022742	1,76	0,960796	39.204	-2,63	0,004269	4.269	43.473	3,21
2	1,50	0,06	0,019493	2,56	0,994766	5.234	-2,56	0,005234	5.234	10.468	3,81
3	1,50	0,07	0,022742	2,20	0,986097	13.903	-2,20	0,013903	13.903	27.806	3,42
4	1,49	0,06	0,019493	3,08	0,998965	1.035	-2,05	0,020182	20.182	21.217	3,53
5	1,51	0,06	0,019493	2,05	0,979818	20.182	-3,08	0,001035	1.035	21.217	3,53
6	1,50	0,06	0,019493	2,56	0,994766	5.234	-2,56	0,005234	5.234	10.468	3,81
7	1,49	0,07	0,022742	2,64	0,995855	4.145	-1,76	0,039204	39.204	43.349	3,21
8	1,49	0,07	0,022742	2,64	0,995855	4.145	-1,76	0,039204	39.204	43.349	3,21
9	1,49	0,06	0,019493	3,08	0,998965	1.035	-2,05	0,020182	20.182	21.217	3,53
10	1,50	0,06	0,019493	2,56	0,994766	5.234	-2,56	0,005234	5.234	10.468	3,81
11	1,50	0,06	0,019493	2,56	0,994766	5.234	-2,56	0,005234	5.234	10.468	3,81
12	1,51	0,06	0,019493	2,05	0,979818	20.182	-3,08	0,001035	1.035	21.217	3,53
13	1,51	0,06	0,019493	2,05	0,979818	20.182	-3,08	0,001035	1.035	21.217	3,53
14	1,50	0,06	0,019493	2,56	0,994766	5.234	-2,56	0,005234	5.234	10.468	3,81
15	1,50	0,06	0,019493	2,56	0,994766	5.234	-2,56	0,005234	5.234	10.468	3,81
16	1,49	0,06	0,019493	3,08	0,998965	1.035	-2,05	0,020182	20.182	21.217	3,53
Jumlah	23,96	0,99	0,324886							348.087	57
Rata-rata	1,4978	0,06	0,020305							21.755	3,57

Berbagai nilai DPMO dan kapabilitas sigma di dalam tabel 4.14, apabila ditebarkan ke dalam grafik maka akan tampak seperti dalam gambar 4.6 dan gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.6. Grafik Pola DPMO Radius Produk Gasket BT015008-0950



Gambar 4.7. Grafik Pola Sigma Radius Produk Gasket BT015008-0950

Dari gambar 4.6 dan 4.7 menunjukkan pola DPMO dan pencapaian sigma dari karakteristik kualitas (CTQ) radius produk masih belum terlalu konsisten, masih bervariasi naik – turun.

4.2.5.5 Menentukan Nilai UCL dan LCL

Dari hasil analisis yang telah dilakukan (lihat tabel 4.12, Tabel 4.13, Tabel 4.14, Gambar 4.6 dan Gambar 4.7) diketahui bahwa : DPMO = 21.755 pcs dan Kapabilitas Sigma = 3,57. Berdasarkan informasi dari perusahaan yang bersumber dari pelanggan juga diketahui bahwa nilai-nilai radius yang diinginkan pelanggan adalah: T = 1,50 mm; USL = 1,55 mm; LSL = 1,45 mm.

Berdasarkan informasi tersebut, dapat diketahui bahwa batas toleransi standar deviasi maksimum bagi proses produksi Gasket BT015008-0950 pada tingkat 3,57-Sigma adalah :

$$S \text{ maks} = \frac{1}{(2 \times \text{nilai kapabilitas sigma})} \times (USL - LSL)$$

$$= \frac{1}{(2 \times 3,57)} \times (1,55 - 1,45)$$

$$= 0,0140056$$

$$UCL = T + (1,5 \times S \text{ maks})$$

$$= 1,50 + (1,5 \times 0,0140056)$$

$$= 1,52 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 LCL &= T - (1,5 \times S_{maks}) \\
 &= 1,50 - (1,5 \times 0,0140056) \\
 &= 1,48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.2.5.6 Pengujian Variasi Proses

Untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum S_{maks} pada tingkat kapabilitas 3,57-Sigma maka diperlukan uji hipotesis sebagai berikut :

- Jika $\{ (n-1)S^2 / (S_{maks})^2 \} \geq \chi^2 (\alpha; n-1)$, maka tolak H_0
- Jika $\{ (n-1)S^2 / (S_{maks})^2 \} < \chi^2 (\alpha; n-1)$, maka terima H_0

Ukuran contoh = n yang dipergunakan untuk menghitung nilai S^2 , yaitu : 10 unit per pengamatan x 16 pengamatan = 160 unit produk, sedangkan $\chi^2 (\alpha; n-1)$ dapat dilihat pada lampiran 3 Distribusi Khi-kuadrat.

Hasil perhitungan sebagai berikut :

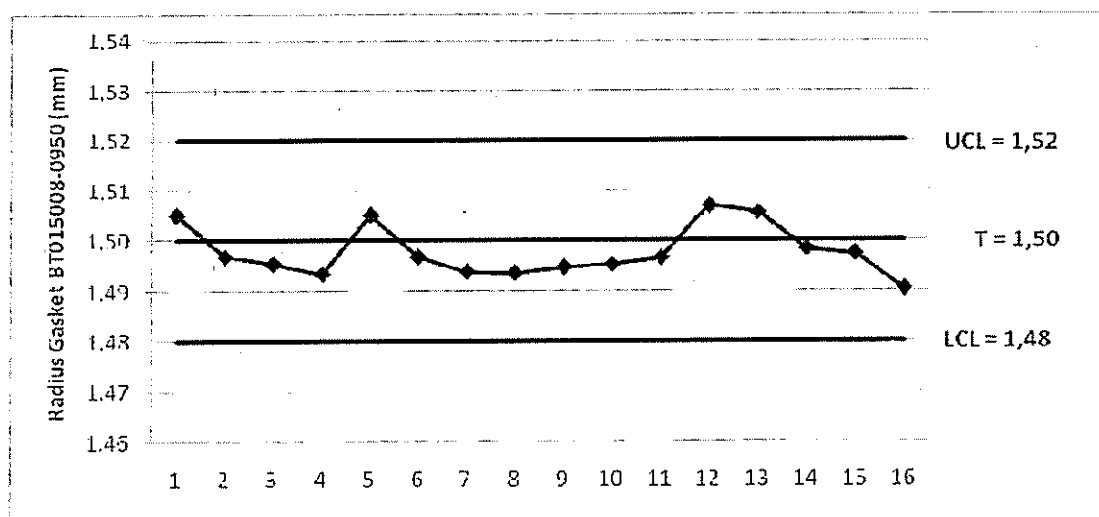
$$\begin{aligned}
 \left\{ \frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} \right\} &= \left\{ \frac{(160-1)0,020305^2}{(0,0140056)^2} \right\} \\
 &= \left(\frac{159 \times 0,00041230}{0,00019615} \right) \\
 &= 334,212
 \end{aligned}$$

$\chi^2 (0,05 ; 159) = 190,5165$ (dilihat pada lampiran Distribusi Khi-kuadrat)

Karena nilai $\{ (n-1)S^2 / (S_{maks})^2 \} = 334,212 > \chi^2 (\alpha; n-1) = 190,5165$ maka H_0 ditolak, dan dapat disimpulkan bahwa pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ atau tingkat kepercayaan $1 - 0,05 \% = 95 \%$, variasi pada radius

produk Gasket BT015008-0950 pada tingkat 3,57-Sigma lebih besar daripada batas toleransi maksimum standar deviasi yang diizinkan pada tingkat 3,57-Sigma (**Variasi > UCL = 1,52 mm ; Variasi < LCL = 1,48 mm**).

Selanjutnya nilai rata-rata pengukuran radius Gasket BT015008-0950 (\bar{X}) ditebarkan ke dalam peta control \bar{X} -bar menggunakan batas-batas control yang didefinisikan yaitu : UCL = 1,52 mm dan LCL = 1,48 mm. Peta control menggunakan konsep Six Sigma Motorola ditunjukkan dalam gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8. Peta Kontrol X-bar Radius Produk Gasket BT015008-0950 Menggunakan Konsep Six Sigma Motorola

Dari gambar 4.8 tampak bahwa nilai rata-rata radius produk bervariasi dalam batas-batas control yang ditetapkan pada tingkat kapabilitas proses sebesar 3,57-Sigma. Dari gambar 4.8 sekaligus juga

memberikan informasi bahwa variasi proses disebabkan karena variasi dalam nilai individual radius produk Gasket BT 015008-0950, terbukti dari pengujian terhadap variasi proses yang menolak H_0 , berarti proses melebihi batas toleransi maksimum standar deviasi, S_{maks} , yang diizinkan pada tingkat kapabilitas 3,57-Sigma. Nilai rata-rata dikatakan stabil berada diantara $UCL = 1,52$ mm dan $LCL = 1,48$ mm.

4.2.5.7 Capability Process (Kemampuan Proses)

Tahap selanjutnya adalah menganalisis kemampuan proses menggunakan indeks C_{pm} dan C_{pmk} sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C_{pm} &= \frac{(USL - LSL)}{\{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + (S)^2}\}} \\
 &= \frac{(1,55 - 1,45)}{\{6\sqrt{(1,4978 - 1,50)^2 + (0,020305)^2}\}} \\
 &= \frac{0,10}{\{6\sqrt{0,00041713}\}} \\
 &= \frac{0,10}{0,12} = 0,83
 \end{aligned}$$

Penggunaan *criteria rule of thumb* adalah sebagai berikut :

- $C_{pm} \geq 2,00$ maka proses sangat mampu memenuhi spesifikasi target kualitas yang ditetapkan oleh pelanggan dengan tingkat kegagalan mendekati *zero defect* (perusahaan kelas dunia).

- Cpm antara 1,00-1,99 maka proses dianggap cukup mampu, sehingga perlu peningkatan proses guna menuju target kegagalan *zero defect*.
- Cpm < 1,00 maka proses industry dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defect oriented*).

Karena nilai Cpm = 0,83 berarti kapabilitas proses masih rendah dan tidak mampu memenuhi spesifikasi target radius produk Gasket BT015008-0950 : 1,50 mm ± 0,05 mm. Hal ini juga tampak dari nilai DPMO = 21.755 dan Kapabilitas Sigma = 3,57, yang berarti dari satu juta kesempatan yang ada, maka akan terdapat 21.755 kemungkinan bahwa proses akan tidak mampu memenuhi spesifikasi target radius produk Gasket BT015008-0950 : 1,50 mm ± 0,05 mm.

Untuk mengetahui berapa persen range (*interval*) toleransi spesifikasi bagi nilai rata-rata (interval toleransi spesifikasi = USL – LSL) menyimpang dari nilai target (T) maka dihitung menggunakan formula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Off - target} &= \left\{ \frac{\text{Absolut } (\bar{X} - T)}{(USL - LSL)} \right\} \times 100 \% \\
 &= \left\{ \frac{\text{Absolut } (1,4978 - 1,50)}{(1,55 - 1,45)} \right\} \times 100 \% \\
 &= \left(\frac{0,0022}{0,10} \right) \times 100 \% = 2,2 \%
 \end{aligned}$$

Tampak bahwa interval toleransi spesifikasi bagi nilai rata-rata (mean) proses telah bergeser atau menyimpang dari target (T) sebesar 2% dimana semakin besar nilai % Off Target menunjukkan bahwa kemampuan proses semakin rendah untuk mencapai nilai target (T) yang ditetapkan sehingga peningkatan proses harus dilakukan.

Bersamaan dengan penggunaan indeks Cpm juga dipergunakan indeks Cpmk yang mengukur tingkat dimana output proses itu berada dalam batas-batas toleransi. Indeks Cpmk untuk hasil pengukuran radius produk Gasket BT015008-0950 dihitung menggunakan formula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Cpk &= \text{minimum} \left\{ \frac{(\bar{X} - LSL)}{3S} ; \frac{(USL - \bar{X})}{3S} \right\} \\
 &= \text{minimum} \left\{ \frac{(1,4978 - 1,45)}{(3 \times 0,020305)} ; \frac{(1,55 - 1,4978)}{(3 \times 0,020305)} \right\} \\
 &= \text{minimum}(0,784 ; 0,856) = 0,784
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cpmk &= \frac{Cpk}{\sqrt{1 + \left\{ \frac{(\bar{X} - T)}{S} \right\}^2}} \\
 &= \frac{0,784}{\sqrt{1 + \left\{ \frac{(1,4978 - 1,50)}{0,020305} \right\}^2}} \\
 &= \frac{0,784}{1,011} = 0,775
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk pengujian hipotesis indeks Cpmk maka digunakan formula sebagai berikut :

- $H_0 : Cpmk \leq 1,0$ (berarti proses tidak mampu, perlu pembenahan dan peningkatan sebelum menerapkan proyek Six Sigma).
- $H_1 : Cpmk > 1,0$ (berarti proses cukup mampu serta memiliki kesempatan terbaik untuk menerapkan proyek Six Sigma).

$$\begin{aligned}
 LCpmk ; 0,05 &= Cpmk - z_{0,05} \sqrt{\left\{ \frac{1}{3n} + \frac{Cpmk^2}{(2n-2)} \right\}} \\
 &= 0,775 - 1,645 \sqrt{\left\{ \frac{1}{(9 \times 160)} + \frac{(0,775)^2}{(2 \times 160) - 2} \right\}} \\
 &= 0,775 - 1,645 \sqrt{0,00258} \\
 &= 0,775 - 0,0835 = 0,691
 \end{aligned}$$

Nilai $LCpmk ; 0,05 = 0,691$ berada dalam kriterium $H_0 : Cpmk \leq 1,0$ ($0,691 < 1,0$) pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ atau tingkat kepercayaan $1 - 0,05 = 95\%$.

Berdasarkan data ini dapat disimpulkan bahwa proses produksi Gasket BT015008-0950 belum mampu untuk memenuhi spesifikasi radius produk yang diinginkan pelanggan, yaitu : $1,50 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$.