

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi referensi yang berkaitan dengan permasalahan penelitian. Teori tentang Six Sigma & analisa faktor-faktor penyebab produk cacat (Defect) sebelumnya akan dibahas di bab 2.

2.1 Kualitas

2.1.1 Definisi Kualitas

Kualitas atau mutu adalah tingkat baik buruknya atau taraf atau derajat sesuatu. Istilah ini banyak digunakan dalam dalam bisnis, rekayasa, dan manufaktur dalam kaitannya dengan teknik dan konsep untuk memperbaiki kualitas produk atau jasa yang dihasilkan, seperti Six Sigma, TQM, Kaizen, dll. Sebenarnya ada beberapa definisi yang berhubungan dengan kualitas, tetapi secara umum dapat dikatakan bahwa kualitas atau mutu adalah karakteristik dari suatu produk atau jasa yang ditentukan oleh pemakai atau customer dan diperoleh melalui pengukuran proses serta melalui perbaikan yang berkelanjutan (Continuous Improvement).

Oleh karena itu definisi kualitas dapat diartikan dari dua perspektif, yaitu dari sisi konsumen dan sisi produsen. Namun pada dasarnya konsep dari kualitas sering dianggap sebagai kesesuaian, keseluruhan ciri-ciri atau karakteristik suatu produk yang diharapkan oleh konsumen.

Di bawah ini dikemukakan pengertian kualitas dari lima pakar TQM (Nasution, 2001):

1. Menurut Juran (1993)

Kualitas adalah kecocokan penggunaan produk (*fitness for use*) untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Kecocokan penggunaan itu didasarkan pada lima ciri utama berikut:

- a. Teknologi, yaitu kekuatan atau daya tahan.
- b. Psikologis, yaitu citra rasa atau status.
- c. Waktu, yaitu kehandalan.
- d. Kontraktual, yaitu adanya jaminan.

e. Etika, yaitu sopan santun, ramah dan jujur.

Kecocokan penggunaan suatu produk adalah apabila produk mempunyai daya tahan penggunaan yang lama, meningkatkan citra atau status konsumen yang memakainya, tidak mudah rusak, adanya jaminan kualitas dan sesuai etika bila digunakan. Khusus untuk jasa diperlukan pelayanan kepada pelanggan yang ramah, sopan serta jujur sehingga dapat menyenangkan atau memuaskan pelanggan.

2. Menurut Crosby (1979)

Kualitas adalah *conformance to requirement*, yaitu sesuai dengan yang disyaratkan atau distandarkan. Suatu produk memiliki kualitas apabila sesuai dengan standar kualitas yang telah ditentukan. Standar kualitas meliputi bahan baku, proses produksi dan produk jadi.

3. Menurut Deming (1982)

Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan pasar. Apabila Juran mendefinisikan kualitas sebagai *fitness for use* dan Crosby sebagai *conformance to requirement*, maka Deming mendefinisikan kualitas sebagai kesesuaian dengan kebutuhan pasar atau konsumen. Perusahaan harus benar-benar dapat memahami apa yang dibutuhkan konsumen atas suatu produk yang akan dihasilkan.

4. Menurut Feigenbaum (1986)

Kualitas adalah kepuasan pelanggan sepenuhnya (*full customer satisfaction*). Suatu produk dikatakan berkualitas apabila dapat memberi kepuasan sepenuhnya kepada konsumen, yaitu sesuai dengan apa yang diharapkan konsumen atas suatu produk.

5. Menurut Garvin (1988)

Kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berhubungan dengan produk, manusia/tenaga kerja, proses dan tugas, serta lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan pelanggan atau konsumen. Selera atau harapan konsumen pada suatu produk selalu berubah sehingga kualitas produk juga harus berubah atau disesuaikan. Dengan perubahan kualitas produk tersebut, diperlukan perubahan atau peningkatan keterampilan tenaga kerja, perubahan proses produksi dan tugas, serta perubahan lingkungan

perusahaan agar produk dapat memenuhi atau melebihi harapan konsumen. Meskipun tidak ada definisi mengenai kualitas yang diterima secara universal, namun dari ke lima definisi kualitas di atas terdapat beberapa persamaan, yaitu dalam elemen-elemen sebagai berikut:

1. Kualitas mencakup usaha memenuhi atau melebihi harapan pelanggan.
2. Kualitas mencakup produk, jasa manusia, proses dan lingkungan. Kualitas merupakan kondisi yang selalu berubah (misalnya apa yang dianggap merupakan kualitas saat ini mungkin dianggap kurang berkualitas pada masa mendatang) (Nasution, 2001).

Secara umum, dimensi kualitas menurut Garvin (dalam Gazperz, 2005) mengidentifikasi delapan dimensi kualitas yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik kualitas barang, yaitu sebagai berikut :

1. Performa (*performance*)
Berkaitan dengan aspek fungsional dari produk dan merupakan karakteristik utama yang dipertimbangkan pelanggan ketika ingin membeli suatu produk.
2. Keistimewaan (*features*)
Merupakan aspek kedua dari performansi yang menambah fungsi dasar, berkaitan dengan pilihan-pilihan dan pengembangannya.
3. Keandalan (*reliability*)
Berkaitan dengan kemungkinan suatu produk melaksanakan fungsinya secara berhasil dalam periode waktu tertentu di bawah kondisi tertentu.
4. Konformasi (*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. Karakteristik ini berkaitan dengan daya tahan dari produk itu.
6. Kemampuan Pelayanan (*serviceability*)
Merupakan karakteristik yang berkaitan dengan kecepatan, keramahan/

kesopanan, kompetensi, kemudahan serta akurasi dalam perbaikan.

7. Estetika (*aesthetics*)

Merupakan karakteristik yang bersifat subjektif sehingga berkaitan dengan pertimbangan pribadi dan refleksi dari preferensi atau pilihan individual.

8. Kualitas yang dipersepsikan (*perceived quality*)

Bersifat subjektif, berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengonsumsi produk tersebut

2.2 Pengendalian Kualitas

2.2.1 Pengertian Pengendalian Kualitas

Pengertian kualitas merupakan salah satu faktor yang penting bagi setiap perusahaan industri. Dengan adanya pengendalian kualitas merupakan jaminan bagi perusahaan untuk mendapatkan mutu barang dengan hasil yang baik dan memuaskan. Apabila di dalam perusahaan tidak melaksanakan pengendalian kualitas dengan baik maka mutu barang yang dihasilkan tidak memuaskan.

Berikut ini pengertian yang dikemukakan oleh para ahli :

1. Menurut Sofjan (1998) pengendalian mutu merupakan usaha untuk mempertahankan mutu/kualitas dari barang yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan Assauri perusahaan.
2. Menurut Vincent Gasperz (2005), "*Quality control is the operational techniques and activities used to fulfill requirements for quality*".
3. Pengendalian kualitas merupakan alat penting bagi manajemen untuk memperbaiki kualitas produk bila diperlukan, mempertahankan kualitas, yang sudah tinggi dan mengurangi jumlah barang yang rusak (Reksohadiprojo, 2000).

Berdasarkan pengertian di atas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pengendalian kualitas adalah suatu teknik dan aktivitas/ tindakan yang terencana yang dilakukan untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan kualitas suatu produk dan jasa agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi kepuasan konsumen.

2.2.2 Tujuan Pengendalian Kualitas

Tujuan dari pengendalian kualitas menurut Sofjan Assauri (1998) adalah:

1. Agar barang hasil produksi dapat mencapai standar kualitas yang telah ditetapkan.
2. Mengusahakan agar biaya inspeksi dapat menjadi sekecil mungkin.
3. Mengusahakan agar biaya desain dari produk dan proses dengan menggunakan kualitas produksi tertentu dapat menjadi sekecil mungkin.
4. Mengusahakan agar biaya produksi dapat menjadi serendah mungkin.

Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk mengawasi tingkat produksi melalui banyak tahapan produksi. Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk mengetahui sampai sejauh mana proses dan hasil produk (jasa) yang dibuat sesuai dengan standar yang ditetapkan perusahaan.

Pengendalian kualitas tidak dapat dilepaskan dari pengendalian produksi, karena pengendalian kualitas merupakan bagian dari pengendalian produksi. Pengendalian produksi baik secara kualitas maupun kuantitas merupakan kegiatan yang sangat penting dalam suatu perusahaan. Hal ini disebabkan karena semua kegiatan produksi yang dilaksanakan akan dikendalikan, supaya barang dan jasa yang dihasilkan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan, dimana penyimpangan-penyimpangan yang terjadi diusahakan serendah-rendahnya.

Pengendalian kualitas juga menjamin barang atau jasa yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan seperti halnya pada pengendalian produksi. Dengan demikian antara pengendalian produksi dan pengendalian kualitas erat kaitannya dalam pembuatan barang.

2.3 Six Sigma

2.3.1 Pengertian Six Sigma

Menurut Gaspersz (2001), six sigma merupakan suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (*Defect Per Million Opportunity (DPMO)*) untuk setiap transaksi (barang/jasa), dan merupakan suatu kegiatan menuju kesempurnaan.

Berikut adalah beberapa istilah yang biasa digunakan dan akan mempermudah dalam pemahaman six sigma antara lain : (Gaspersz, 2001)

1. **Critical To Quality (CTQ)**, merupakan atribut-atribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. CTQ merupakan elemen dari suatu produk, proses, atau praktek-praktek yang berdampak langsung terhadap kepuasan konsumen.
2. **Defect**, merupakan kegagalan untuk memberikan apa yang diinginkan oleh pelanggan.
3. **Defect per unit (DPU)**, merupakan ukuran kemungkinan terjadinya cacat atau kegagalan per unit, dihitung dengan persamaan :

$$DPU = \frac{\text{Banyaknya defect}}{\text{Banyaknya unit}}$$

4. **Defect per oppoturnity (DPO)**, merupakan ukuran kegagalan yang dihitung dalam program peningkatan kualitas six sigma yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan per satu kesempatan. DPO merupakan pengembangan dari konsep DPU ditambah dengan variable oppoturnity (kemungkinan). Dihitung dengan persamaan :

$$DPO = \frac{\text{Banyaknya defect}}{\text{Banyaknya unit x opportunity}}$$

5. **Defect per million oppoturnity (DPMO)**, merupakan kegagalan dalam program peningkatan kualitas six sigma, yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. DPMO dapat dihitung dengan rumus :

$DPMO = DPO \times 1.000.000$ Pemahaman terhadap DPMO ini sangat penting dalam pengukuran keberhasilan aplikasi program peningkatan kualitas six sigma.

6. **Process capability**, merupakan kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan output sesuai dengan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan.
7. **Variation**, merupakan apa yang pelanggan lihat dan rasakan dalam proses transaksi antara pemasok dan pelanggan itu. Semakin kecil variasi akan semakin disukai karena menunjukkan konsistensi dalam kualitas.

8. *Stable operation*, jaminan konsistensi proses yang dapat di perkirakan dan dikendalikan guna meningkatkan apa yang pelanggan lihat dan rasakan serta meningkatkan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan.
9. *Design for six sigma*, merupakan suatu design untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan kemampuan proses. DFSS merupakan suatu metodologi sistematis yang menggunakan peralatan pelatihan dan pengukuran untuk memungkinkan pemasok mendesign produk dan proses yang memenuhi ekspektasi dan kebutuhan pelanggan serta dapat di produksi atau dioperasikan pada tingkat kualitas six sigma.

Menurut Gasperz (2001), Six Sigma Motorola merupakan suatu metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatik yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas. Banyak ahli manajemen kualitas menyatakan bahwa metode Six Sigma Motorola dikembangkan dan diterima secara luas oleh dunia industri, karena manajemen industri frustrasi terhadap sistem-sistem manajemen kualitas yang ada, yang tidak mampu melakukan peningkatan kualitas secara dramatik menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*). Prinsip-prinsip pengendalian dan peningkatan kualitas Six Sigma Motorola mampu menjawab tantangan ini, dan terbukti perusahaan Motorola selama kurang lebih 10 tahun setelah implementasi konsep Six Sigma telah mampu mencapai tingkat kualitas 3,4 *DPMO* (*Defect Per Million Opportunity*-kegagalan per sejuta kesempatan).

Setelah Motorola memenangkan penghargaan MBNQA (*the Malcolm Baldrige National Quality Award*) pada tahun 1988, maka rahasia kesuksesan mereka menjadi pengetahuan publik, dan sejak saat itu program Six Sigma yang ditetapkan Motorola menjadi sangat terkenal di Amerika Serikat.

Beberapa keberhasilan Motorola yang patut di catat dari aplikasi program Six Sigma, adalah sebagai berikut:

- Peningkatan produktivitas rata-rata: 12,3% per tahun.
- Penurunan COPQ (*cost of poor quality*) lebih dari pada 84%.
- Eliminasi kegagalan proses sekitar 99,7%.

- Penghematan biaya manufaktur lebih dari \$11 milyar.
- Peningkatan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata: 17% dalam penerimaan keuntungan, dan harga saham.

2.3.2 Konsep six sigma motorola

Menurut Gaspersz (2001), pada dasarnya pelanggan akan puas apabila mereka menerima nilai yang diharapkan mereka. Apabila produk (barang dan/atau jasa) diproses pada tingkat kualitas Six Sigma, maka 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 industri, tentang bagaimana baiknya suatu proses transaksi produk antar pemasok (industri) dan pelanggan (pasar). Semakin tinggi target sigma yang dicapai, maka kinerja sistem industri akan semakin baik. Sehingga 6-sigma otomatis lebih baik dari pada 4-sigma, lebih baik dari pada 3-sigma. Six Sigma juga dapat dianggap sebagai strategi terobosan yang memungkinkan perusahaan melakukan peningkatan luar biasa (*dramatik*) di tingkat bawah. Six Sigma juga dapat dipandang sebagai pengendalian proses industri berfokus pada pelanggan, melalui memperhatikan kemampuan proses (*process capability*).

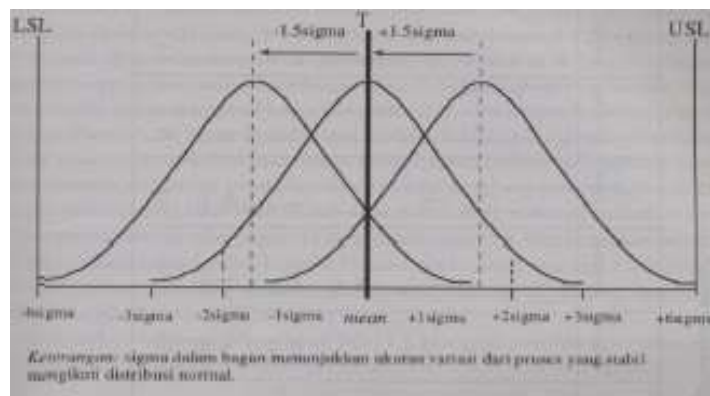
Terdapat enam aspek kunci yang perlu diperhatikan dalam aplikasi konsep Six Sigma, yaitu:

1. Identifikasi pelanggan Anda.
2. Identifikasi produk Anda.
3. Identifikasi kebutuhan Anda dalam memproduksi produk untuk pelanggan Anda.
4. Definisikan proses Anda.
5. Hindarkan kesalahan dalam proses Anda dan hilangkan semua pemborosan yang ada.
6. Meningkatkan proses Anda secara terus-menerus menuju target Six Sigma.

Apabila konsep Six Sigma akan diterapkan dalam bidang manufaktur, maka perhatikan enam aspek berikut:

1. Identifikasi karakteristik produk yang akan memuaskan pelanggan Anda (sesuai kebutuhan dan ekspektasi pelanggan).
2. Mengklasifikasikan semua karakteristik kualitas itu sebagai CTQ (*critical-to-quality*) individual.
3. Menentukan apakah setiap CTQ itu dapat dikendalikan melalui pengendalian material, mesin, proses-proses kerja, dll.
4. Menentukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai yang diinginkan pelanggan (menentukan nilai USL dan LSL dari setiap CTQ).
5. Menentukan maksimum variasi proses untuk setiap CTQ (menentukan nilai maksimum standar deviasi untuk setiap CTQ).

Pendekatan pengendalian proses 6-sigma Motorola mengijinkan adanya pergeseran nilai target rata-rata (*mean*) setiap CTQ individual dari proses industri sebesar $\pm 1,5$ -sigma (baca: plus/minus 1,5-sigma, sehingga akan menghasilkan 3,4 *DPMO* (*Defect Per Million Opportunity*-kegagalan per sejuta kesempatan). Proses 6-sigma dengan distribusi normal bergeser 1,5-sigma.



Gambar 2.1 Konsep Six Sigma Motorola dengan distribusi normal bergeser 1,5-sigma

Sumber: Gaspersz (2002).

Tabel 2.1 Nilai-nilai Kapabilitas Proses pada Berbagai Pencapaian Tingkat Sigma untuk Data Variabel

Peningkatan Kualitas (Target Pencapaian Tingkat Sigma)	Kapabilitas Proses (Cp)	Maksimum Variasi Proses Maks Standar Deviasi, Maks S)
3,00-sigma	1,00	0,1667×(USL-LSL)
3,10-sigma	1,03	0,1613×(USL-LSL)
3,20-sigma	1,07	0,1563×(USL-LSL)
3,30-sigma	1,10	0,1515×(USL-LSL)
3,40-sigma	1,13	0,1471×(USL-LSL)
3,50-sigma	1,17	0,1429×(USL-LSL)
3,60-sigma	1,20	0,1389×(USL-LSL)
3,70-sigma	1,23	0,1351×(USL-LSL)
3,80-sigma	1,27	0,1316×(USL-LSL)
3,90-sigma	1,30	0,1282×(USL-LSL)
4,00-sigma	1,33	0,1250×(USL-LSL)
4,10-sigma	1,37	0,1220×(USL-LSL)
4,20-sigma	1,40	0,1190×(USL-LSL)
4,30-sigma	1,43	0,1163×(USL-LSL)
4,40-sigma	1,47	0,1111×(USL-LSL)
4,50-sigma	1,50	0,1087×(USL-LSL)
4,60-sigma	1,53	0,1064×(USL-LSL)
4,70-sigma	1,57	0,1042×(USL-LSL)
4,80-sigma	1,60	0,1020×(USL-LSL)
4,90-sigma	1,63	0,1000×(USL-LSL)
5,00-sigma	1,67	0,0980×(USL-LSL)
5,10-sigma	1,70	0,0980×(USL-LSL)
5,20-sigma	1,73	0,0962×(USL-LSL)
5,30-sigma	1,77	0,0943×(USL-LSL)
5,40-sigma	1,80	0,0926×(USL-LSL)
5,50-sigma	1,83	0,0909×(USL-LSL)
5,60-sigma	1,87	0,0893×(USL-LSL)
5,70-sigma	1,90	0,0877×(USL-LSL)
5,80-sigma	1,93	0,0862×(USL-LSL)
5,90-sigma	1,97	0,0847×(USL-LSL)
6,00-sigma	2,00	0,0833×(USL-LSL)

Sumber : Gaspersz (2001).

Perlu dicatat dan dipahami bahwa konsep Six Sigma Motorola dengan pergeseran nilai target (nilai rata-rata) yang diijinkan sebesar 1,5-sigma (1,5 x maksimum standar deviasi) adalah berbeda dengan konsep Six Sigma dalam distribusi normal yang tidak mengijinkan pergeseran dalam nilai rata-rata. Perbedaan ini ditunjukkan dalam tabel berikut

Tabel 2.2 Perbedaan *True 6-Sigma* dengan *Motorola's 6-Sigma*

True 6-Sigma Process (Normal Distribution Centered)			Motorola' 6-Sigma (Normal Distribution Shifted 1,5-sigma)		
Batas Spesifikasi (USL-LSL)	Persentase	DPMO	Batas Spesifikasi (USL-LSL)	Persentase	DPMO
$\pm 1\text{-Sigma}$	68,27%	317.300	$\pm 1\text{-Sigma}$	30,23%	697.700
$\pm 2\text{-Sigma}$	95,45%	45.500	$\pm 2\text{-Sigma}$	69,13%	308.700
$\pm 3\text{-Sigma}$	99,73%	2.700	$\pm 3\text{-Sigma}$	93,32%	66810
$\pm 4\text{-Sigma}$	99,9937%	63	$\pm 4\text{-Sigma}$	99,3790%	6210
$\pm 5\text{-Sigma}$	99,999943%	0,57	$\pm 5\text{-Sigma}$	99,97670%	233
$\pm 6\text{-Sigma}$	99,9999998%	0,002	$\pm 6\text{-Sigma}$	99,99966%	3,4

Sumber: Gaspersz (2002).

2.3.3 Tahapan Peningkatan Kualitas Six Sigma

Menurut Pande (2003), dalam *Six Sigma Way*, menggunakan dan merujuk pada siklus lima-fase yang makin umum dalam organisasi-organisasi Six Sigma yaitu DMAIC singkata dari *Define* (*tentukan*), *Measure* (*ukur*), *Analyze* (*analisa*), *Improve* (*tingkatkan*) dan *Control* (*kendalikan*). DMAIC diterapkan baik pada perbaikan proses maupun pada perancangan ulang proses.

Menurut Gaspersz (2002), DMAIC dilakukan secara sistematis berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta. Proses *Closed-loop* ini (DMAIC) menghilangkan langkah-langkah proses yang tidak produktif, sering berfokus pada pengukuran-pengukuran baru dan menerapkan teknologi untuk peningkatan kualitas menuju target Six Sigma.

2.3.3.1 Define

Define merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Pada tahapan ini kita perlu mengidentifikasi beberapa hal yang terkait dengan kriteria pemilihan proyek Six Sigma, peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang akan terlibat dalam proyek Six Sigma, kebutuhan pelatihan untuk orang-orang yang terlibat dalam proyek Six Sigma, proses-prose kunci dalam proyek Six Sigma beserta pelanggannya, kebutuhan spesifik dari pelanggan dan pernyataan tujuan proyek Six Sigma (Vincent Gaspersz, 2002).

Proses transformasi pengetahuan dan metodologi Six Sigma yang paling efektif adalah melalui menciptakan sistem Six Sigma yang terstruktur dan

sistematik yang diberikan kepada kelompok orang-orang yang terlibat dalam program Six Sigma. Meskipun setiap manajemen organisasi bebas menentukan kurikulum Six Sigma dalam pelatihan organisasi tentang Six Sigma, namun panduan berfikir dapat membantu manajemen untuk menyesuaikan dan memilih topik-topik Six Sigma yang relevan untuk diterapkan dalam sistem pelatihan organisasi (Vincent Gaspersz, 2002).

Tahapan setiap proyek Six Sigma yang terpilih, harus didefinisikan proses-proses kunci, proses beserta interaksinya, serta pelanggan yang terlibat dalam setiap proses itu. Pelanggan di sini dapat menjadi pelanggan internal maupun eksternal (Vincent Gaspersz, 2002).

2.3.3.2 Measure

Measure merupakan langkah operasional kedua dalam program program peningkatan kualitas Six Sigma. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahapan measure yaitu :

- a. Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (CTQ) kunci yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan.
- b. Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, output, atau outcome.

Penetapan karakteristik kualitas (CTQ) yang berkaitan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan akan sangat tergantung pada situasi dan kondisi dari setiap organisasi bisnis. Bagaimanapun, kita dapat menjadikan penetapan atau pemilihan karakteristik kualitas dari beberapa perusahaan sebagai pedoman dalam menetapkan karakteristik kualitas (CTQ) yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan dari organisasi bisnis. Perhitungan DPO, DPMO, nilai kapabilitas Sigma dilakukan untuk melihat kemampuan proses produksi telah mencapai berapa Sigma dan nilai yield untuk mengetahui kemampuan proses untuk menghasilkan proses produksi yang bebas cacat.

Menurut Gaspersz (2002), mengatakan pengendali proporsi kesalahan (p-chart) dan banyaknya kesalahan (np-chart) digunakan untuk mengetahui apakah cacat produk masih dalam batas yang di syaratkan. Perbandingan antara

banyaknya cacat dengan semua pengamatan, yaitu setiap produk yang diklasifikasikan sebagai “diterima” atau “ditolak” (yang diperhatikan banyaknya produk cacat).

a. Variable Control Chart (Peta Kendali Variabel)

Variable Control Chart atau Peta Kendali Variabel ini digunakan untuk mengendalikan proses dengan Data Variabel seperti Panjang Kaki Komponen, Suhu Solder, Tegangan Power Supply, Dimensi Komponen dan Data-data variabel lainnya. Control Chart jenis ini diantaranya adalah Xbar – R Chart, Xbar – s Chart dan I – MR Chart. Komponen penting yang terdapat dalam sebuah Control Chart adalah Batas-batas kendali (Control Limit) yang terdiri dari Upper Control Limit (UCL), Central Limit (CL), dan Lower Control Limit (LCL).

1. Xbar – R Chart

Xbar – R Chart adalah Peta kendali untuk mengendalikan proses berdasarkan Rata-rata (Xbar) dan Range (R). Xbar – R Chart digunakan apabila ukuran sampel yang dikumpulkan berjumlah lebih dari 2 dan kurang dari atau sama dengan 5 ($2 < n \leq 5$) pada setiap set sampel data, Jumlah set sampel yang ideal adalah 20 – 25 set sampel.

2. Xbar – s Chart

Xbar – s Chart adalah Peta kendali untuk mengendalikan proses berdasarkan Rata-rata (X-bar) dan Standar Deviasi (s). Xbar-s Chart digunakan apabila ukuran sampel yang dikumpulkan berjumlah lebih dari 5 ($n > 5$) pada setiap set sampel data, Jumlah set sample yang ideal adalah 20 – 25 set sampel.

3. I – MR Chart (Individual Moving Range Chart)

I-MR Chart digunakan apabila data sampel yang dikumpulkan hanya berjumlah 1 unit. Chart jenis ini sering digunakan jika sampel yang diperiksa tersebut harus dimusnahkan (tidak dapat dipakai kedua kalinya) atau pada produk yang berharga tinggi.

b. Peta Kendali – p Peta Kendali – p, termasuk peta kendali yang menggunakan data bersifat atribut. Penggunaan data atribut relatif lebih menguntungkan

dibandingkan data variabel. Untuk penganalisaan lebih lanjut, pengukuran perlu dilakukan untuk mendapatkan data variabel dan ini jelas akan berpengaruh terhadap biaya yang dikeluarkan untuk proses pengamatan. Untuk data atribut, biasanya telah tersedia tanpa perlu dilakukan pengukuran ulang, yang perlu dilakukan untuk penganalisaan adalah melaksanakan pengumpulan data terhadap jumlah ketidaksesuaian yang ada. Peta Kendali – p, merupakan peta kendali yang paling banyak digunakan karena sifatnya yang serbaguna untuk mengamati tingkat kecacatan. Peta Kendali – p, adalah bagan yang digunakan untuk mengamati bagian yang ditolak karena tidak memenuhi spesifikasi (disebut bagian yang cacat). Bagian yang ditolak dapat didefinisikan sebagai rasio dari banyaknya barang yang tak sesuai yang ditemukan dalam pemeriksaan atau sederetan pemeriksaan terhadap total barang yang benar-benar diperiksa. Adapun nilai batas kendali untuk peta kendali – p, dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$p = \frac{x}{n}$$

Dimana :

p = proporsi kesalahan dalam setiap sampel

x = banyaknya produk yang salah dalam setiap sampel

n = banyaknya sampel yang diambil dalam inspeksi

hitung nilai rata-rata dari p dapat dihitung dengan rumus:

$$\bar{p} = \frac{\text{total produk cacat}}{\text{total produk diinspeksi}}$$

Garis tangan = \bar{p}

$$\text{Batas kendali atas} = \text{UCL} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$\text{Batas kendali bawah} = \text{LCL} = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Dimana:

\bar{p} = proporsi cacat

n = Jumlah produk yang diperiksa

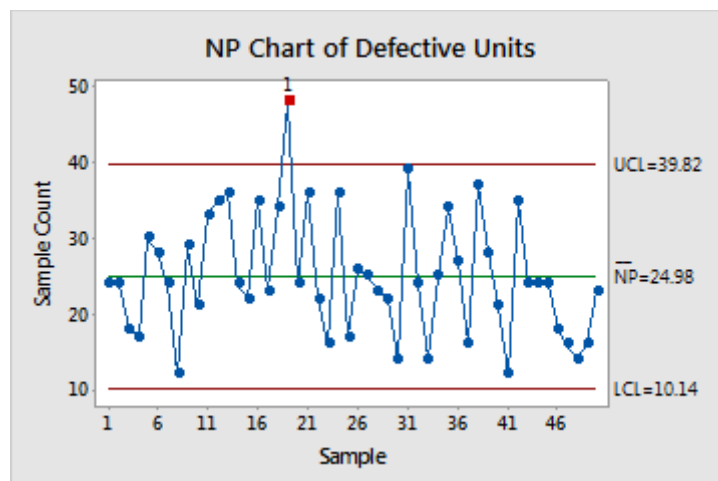
np = Jumlah produk yang cacat

c. Peta kendali – np

Bagan – np ini digunakan untuk mengevaluasi bilangan kerusakan yang terjadi dalam suatu proses produksi. Bagan np akan lebih tepat digunakan apabila jumlah sampel pengamatan bersifat konstan. Bagan yang ditolak p diperoleh dengan membagi jumlah aktual yang ditolak karena dapat digambarkan oleh np, jumlah yang jika dibagi dengan n akan menghasilkan p. Adapun untuk menentukan nilai batas-batas kendali pada peta kendali np dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Batas kendali atas} = \text{UCL} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

$$\text{Batas kendali bawah} = \text{LCL} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$



Gambar 2.2 contoh Np Chart

Sumber : <https://support.minitab.com>

Critical to Quality (CTQ)

Menurut Gaspersz (2002), *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.

Defect per Million Opportunities (DPMO)

Menurut Gaspersz (2002), ukuran kegagalan dalam Six Sigma, yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. Target dari Six Sigma adalah 3,4 *DPMO*, harusnya tidak diinterpretasikan sebagai 3,4 unit output yang cacat dari

sejuta unit output yang diproduksi, tetapi diinterpretasikan sebagai dalam satu unit produk tunggal terdapat rata-rata kesempatan untuk gagal dari suatu karakteristik CTQ (*critical-to-quality*) adalah hanya 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan (*DPMO*). Besarnya kegagalan per satu juta kesempatan (*DPMO*) dihitung berdasarkan persamaan yaitu :

$$DPMO = \frac{\text{Number of Defect}}{\text{Number of Unit} \times \text{Number of Opportunities}} \times 1.000.000$$

Dimana CTQ = Jumlah jenis kecacatan

Besarnya tingkat sigma dihitung menggunakan bantuan software Microsoft Excel berdasarkan formula yaitu:

$$\text{Nilai Sigma} = \text{NORMSINV}((1000000 - \text{CELL}) / 1000000) + 1,5$$

2.3.3.3 Analyze

Analyze (analisa) merupakan langkah ketiga dalam program peningkatan kualitas Six Sigma, pada tahapan ini dilakukan beberapa hal :

- a. Menentukan stabilitas dan kemampuan dari proses.

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6 \text{ standar deviasi}}$$

- b. Menentukan target-target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek Six Sigma.

- c. Mengidentifikasi sumber-sumber akar penyebab kecacatan atau kegagalan. Sumber penyebab masalah kualitas yang ditemukan berdasarkan prinsip 7 M,

yaitu :

- a. *Manpower* (tenaga kerja), berkaitan dengan kekurangan dalam pengetahuan, kekurangan dalam ketrampilan dasar akibat yang berkaitan dengan mental dan fisik, kelelahan, stress, ketidakpedulian.
- b. *Machiness* (mesin) dan peralatan, berkaitan dengan tidak ada sistem perawatan preventif terhadap mesin produksi, termasuk fasilitas dan peralatan lain tidak sesuai dengan spesifikasi tugas, tidak dikalibrasi, terlalu complicated, terlalu panas.

- c. *Methods* (metode kerja), berkaitan dengan tidak adanya prosedur dan metode kerja yang benar, tidak jelas, tidak diketahui, tidak terstandarisasi, tidak cocok.
- d. *Materials* (bahan baku dan bahan penolong), berkaitan dengan ketiadaan spesifikasi kualitas dari bahan baku dan bahan penolong yang ditetapkan, ketiadaan penanganan yang efektif terhadap bahan baku dan bahan penolong itu.
- e. *Media*, Berkaitan dengan tempat dan waktu kerja yang tidak memerhatikan aspek-aspek kebersihan, kesehatan dan keselamatan kerja, dan lingkungan kerja yang konduktif, kekurangan dalam lampu penerangan, ventilasi yang buruk, kebisingan yang berlebihan.
- f. *Motivation* (motivasi), Berkaitan dengan ketiadaan sikap kerja yang benar dan profesional, yang dalam hal ini disebabkan oleh sistem balas jasa dan penghargaan yang tidak adil kepada tenaga kerja.
- g. *Money* (keuangan), Berkaitan dengan ketiadaan dukungan financial (keuangan) yang mantap guna memperlancar proyek peningkatan kualitas Six Sigma yang akanditetapkan.

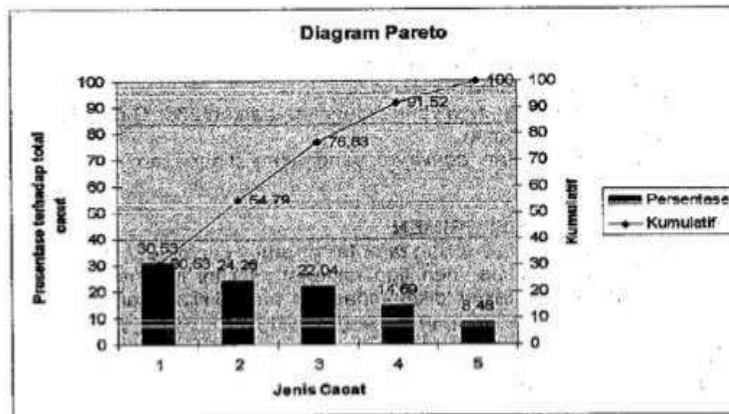
Alat yang Digunakan Dalam Tahapan Analisa (*Analyze*):

1. Diagram Pareto ini merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang terpenting untuk segera diselesaikan (ranking tertinggi) sampai dengan yang tidak harus segera diselesaikan (ranking terendah). Selain itu, Diagram Pareto juga dapat digunakan untuk membandingkan kondisi proses, misalnya ketidaksesuaian proses, sebelum dan setelah diambil tindakan perbaikan terhadap proses.

Kegunaan diagram pareto :

1. Menunjukkan prioritas sebab akibat kejadian atau persoalan yang perlu ditangani.
2. Membantu memusatkan perhatian pada persoalan utama yang harus ditangani dalam upaya perbaikan.
3. Menunjukkan hasil upaya perbaikan.

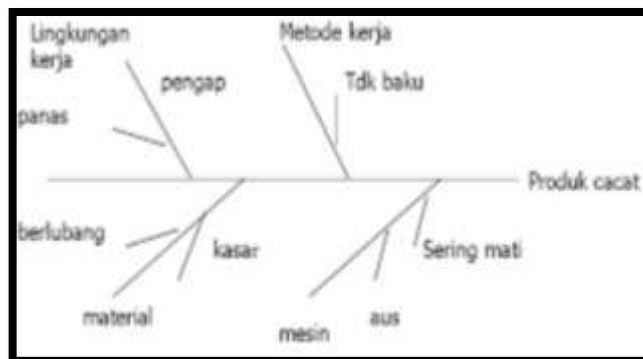
- Menyusun data menjadi informasi yang berguna, data yang besar dapat menjadi informasi yang signifikan.



Gambar 2.2 contoh Diagram Pareto

Sumber : Gaspersz (2002)

- Diagram Sebab Akibat (*Cause and effect diagram*), digunakan untuk menganalisa persoalan dan faktor-faktor yang menimbulkan persoalan. *Cause and effect diagram* juga disebut *Ishikawa diagram* karena dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa. Selain itu, diagram ini disebut juga *fishbone diagram* (diagram tulang ikan) karena bentuknya mirip kerangka tulang ikan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas antara lain : manusia, mesin atau peralatan, metode atau prosedur, dan material (Gaspersz, 2002).



Gambar 2.3 Contoh Diagram Ishikawa

Sumber : Gaspersz (2002)

Cara menyusun Diagram Fishbone dalam rangka mengidentifikasi penyebab suatu keadaan yang tidak diharap adalah sebagai berikut:

1. Mulai dengan pernyataan masalah-masalah utama penting dan mendesak untuk diselesaikan.
2. Tuliskan pernyataan masalah itu pada kepala ikan, yang merupakan akibat (*effect*). Tulislah pada sisi sebelah kanan dari kertas (kepala ikan), kemudian gambarkan tulang belakang dari kiri ke kanan dan tempatkan pernyataan masalah itu dalam kotak.
3. Tuliskan faktor-faktor penyebab utama (sebab-sebab) yang mempengaruhi masalah kualitas sebagai tulang besar, juga ditempatkan dalam kotak. Faktor-faktor penyebab atau kategori-kategori utama dapat dikembangkan melalui Stratifikasi ke dalam pengelompokan dari faktor-faktor: manusia, mesin, peralatan, material, metode kerja, lingkungan kerja, pengukuran, dll. Atau stratifikasi melalui langkah-langkah aktual dalam proses. Faktor –faktor penyebab atau kategori-kategori dapat dikembangkan melalui brainstorming.

2.3.3.4 Improve

Pada dasarnya rencana-rencana tindakan (action plans) akan mendeskripsikan tentang alokasi sumber-sumber daya serta prioritas dan alternatif yang dilakukan dalam implementasi dari rencana itu. Bentuk-bentuk pengawasan dan usaha-usaha untuk mempelajari melalui pengumpulan data dan analisis ketika implementasi dari suatu rencana, juga harus direncanakan pada tahapan ini.

Pengembangan rencana tindakan merupakan salah satu aktivitas yang penting dalam program pentingnya kualitas Six Sigma, yang berarti bahwa dalam tahapan ini tim peningkat kualitas Six Sigma harus memutuskan apa yang harus dicapai (berkaitan dengan target yang ditetapkan), alasan kegunaan rencana tindakan itu harus dilakukan, di mana rencana tindakan itu akan diterapkan atau dilakukan, bilamana rencana tindakan itu akan dilakukan, bagaimana melaksanakan rencana tindakan itu, dan berapa besar biaya untuk

melaksanakan rencana tindakan itu serta manfaat positif yang diterima dari implementasi rencana tindakan.

2.3.3.5 Control

Control merupakan tahapan terakhir dalam proyek peningkatan kualitas Six Sigma. Tim Six Sigma kepada pemilik atau penanggung jawab proses, yang berarti proyek Six Sigma berakhir pada tahapan ini. Selanjutnya, proyek-proyek Six Sigma pada area lain dalam proses atau organisasi bisnis ditetapkan sebagai proyek-proyek baru yang harus mengikuti siklus DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*) (Vincent Gaspersz, 2002).

2.4 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

FMEA atau analisis mode kegagalan dan efek adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan. Suatu metode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang ditetapkan, atau perubahan-perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu. Dengan menghilangkan mode kegagalan maka FMEA akan meningkatkan keandalan dari produk sehingga meningkatkan kepuasan pelanggan yang menggunakan produk tersebut. Langkah-langkah dalam membuat FMEA adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi proses atau produk/jasa.
2. Mendaftarkan masalah-masalah potensial yang dapat muncul, efek dari masalah-masalah potensial tersebut dan penyebabnya.
3. Menilai masalah untuk keparahan (*severity*), probabilitas kejadian (*occurance*) dan detektabilitas (*detection*).
4. Menghitung *Risk Priority Number* atau RPN yang rumusnya adalah dengan mengalikan ketiga variabel dalam poin 3 diatas dan menentukan rencana solusi-solusi prioritas yang harus dilakukan. $RPN = S \times O \times D$

Untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan maka tim FMEA harus mendefinisikan terlebih dahulu tentang *Severity*, *Occurrence*, *Detection*, serta hasil akhirnya yang berupa *Risk Priority Number* (RPN).

1. *Severity* adalah langkah pertama untuk menganalisa resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak/intensitas kejadian mempengaruhi output proses. Dampak tersebut diranking mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk.

Tabel 2.3 *Severity*

Rating	Criteria of Severity Effect
10 9	Potential <i>safety</i> problem (masalah keamanan potensial). Akibat yang ditimbulkan sangat berbahaya dan berpengaruh terhadap keselamatan pengguna. Bertentangan dengan hukum.
8 7	<i>High severity</i> (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akhir akan merasakan akibat buruk yang tidak akan diterima, berada diluar batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan sangat mahal.
6 5 4	<i>Moderate severity</i> (pengaruh buruk yang moderat). Pengguna akhir akan merasakan penurunan kinerja, namun masih dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak mahal dan dapat selesai dalam waktu singkat
3 2	<i>Mild severity</i> (pengaruh buruk yang ringan). Akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan. Pengguna akhir tidak akan merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler.
1	<i>Negligible severity</i> (pengaruh buruk yang diabaikan). Kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan ini.

(Sumber : Gaspersz, 2002)

2. *Occurrence* adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. Dengan memperkirakan kemungkinan occurrence pada skala 1 sampai 10.

Tabel 2.4 *Occurrence*

Rating	Kriteria	Tingkat kegagalan/cacat
1	Adalah tidak mungkin bahwa penyebab ini yang mengakibatkan kegagalan	1 dalam 1000000
2	Kegagalan akan jarang terjadi	1 dalam 20000
3		1 dalam 4000
4	Kegagalan agak mungkin terjadi	1 dalam 1000
5		1 dalam 400
6		1 dalam 80
7	Kegagalan adalah sangat mungkin terjadi	1 dalam 40
8		1 dalam 20
9	Hampir dapat dipastikan bahwa kegagalan akan terjadi	1 dalam 8
10		1 dalam 2

(Sumber : Gaspersz, 2002)

3. Nilai *Detection* diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. *Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan / mengontrol kegagalan yang dapat terjadi.

Tabel 2.5 *Detection*

Rating	Kriteria	Tingkat kegagalan/cacat
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan penyebab mungkin akan terjadi	1 dalam 1000000
2	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi adalah rendah	1 dalam 20000
3		1 dalam 4000
4	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat. Deteksi masih memungkinkan kadang-kadang penyebab itu terjadi	1 dalam 1000
5		1 dalam 400
6		1 dalam 80

7	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi masih tinggi.	1 dalam 40
8		1 dalam 20
9	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi	1 dalam 8
10		1 dalam 2

(Sumber : Gaspersz, 2002)

2.5 Cost of Poor Quality (COPQ)

Menurut Gaspersz (2002), Biaya kegagalan kualitas (COPQ) merupakan pemborosan dalam organisasi Six Sigma, sehingga banyak perusahaan kelas dunia yang menerapkan program Six Sigma menggunakan indikator pengukuran biaya

kualitas sebagai pengukuran kinerja efektivitas keberhasilan dari program Six Sigma yang diterapkan.

Tabel 2.6 Manfaat dari pencapaian beberapa tingkat sigma

<i>COPQ (Cost Of Poor Quality)</i>		
Tingkat Pencapaian <i>Sigma</i>	DPMO	COPQ
1-Sigma	691.462 (sangat tidak kompetitif)	Tidak dapat dihitung
2-Sigma	308.538 (rata-rata industri Indonesia)	Tidak dapat dihitung
3-Sigma	66.807	25-40% dari penjualan
4-Sigma	6.210 (rata-rata industri USA)	15-25% dari penjualan
5-Sigma	233	5-15% dari penjualan
6-Sigma	3.4 (Industri Kelas Dunia)	< 1% dari penjualan
Setiap peningkatan atau penggeseran 1-Sigma akan memberikan peningkatan keuntungan sekitar 10% dari penjualan.		

Sumber : Gaspersz (2002).

Pada dasarnya biaya kualitas dapat dikategorikan ke dalam empat jenis, sebagai berikut:

1. Biaya Kegagalan Internal (*Internal Failure Cost*), merupakan biaya-biaya yang berhubungan dengan kesalahan dan nonkonfirmasi (*error and non conformace*)

yang ditemukan sebelum menyerahkan produk itu ke pelanggan, sebagai berikut:

- Scrap : biaya yang dikeluarkan untuk tenaga kerja, material dan *overhead* pada produk cacat yang secara ekonomis tidak dapat diperbaiki kembali.
- Pekerjaan ulang (*Rework*), biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki kesalahan (mengerjakan ulang) produk agar memenuhi spesifikasi produk yang ditentukan.
- Analisa kegagalan (*Failure Analysis*), biaya yang dikeluarkan untuk menganalisis kegagalan produk guna menentukan penyebab-penyebab kegagalan itu.
- Inspeksi ulang dan pengujian ulang (*Reinspection and Retesting*), biaya yang dikeluarkan untuk inspeksi ulang dan pengujian ulang produk yang telah mengalami pengerjaan ulang.
- *Downgrading* : selisih diantara harga jual normal dan harga yang dikurangi karena alasan kualitas.
- *Avoidable Process Losses*: biaya-biaya kehilangan yang terjadi, meskipun produk itu tidak cacat seperti kelebihan bobot.

2. Biaya Kegagalan Eksternal (*External Failure Cost*), merupakan biaya-biaya yang berhubungan dengan kesalahan dan non konfirmasi (*errors and non conformance*) yang ditemukan setelah produk itu diserahkan ke pelanggan, sebagai berikut:

- Jaminan (*Warranty*) : Biaya yang dikeluarkan untuk penggantian atau perbaikan kembali produk yang masih berada dalam masa jaminan.
- Penyelesaian keluhan (*Complain adjusment*) : Biaya-biaya yang dikeluarkan untuk penyelidikan dan penyelesaian keluhan yang berkaitan dengan produk cacat.
- Produk kembalikan (*Return product*) : Biaya-biaya yang berkaitan dengan penerimaan dan penempatan produk cacat yang dikembalikan oleh pelanggan.
- *Allowance* : Biaya-biaya yang berkaitan dengan konsesi pada pelanggan karena produk yang berada dibawah standar kualitas yang sedang diterima oleh pelanggan.

3. Biaya penilaian (*Apprial cost*), merupakan biaya-biaya yang berhubungan dengan penentuan derajat konformansi terhadap persyaratan kualitas (spesifikasi yang ditetapkan), sebagai berikut:
- Inspeksi dan pengujian kedatangan material : Biaya-biaya yang berkaitan dengan penentuan kualitas dari material yang dibeli, apakah melalui inspeksi saat penerimaan, pemasok atau pihak ketiga.
 - Inspeksi dan pengujian produk dalam proses : Biaya-biaya yang berkaitan dengan evaluasi tentang konformansi produk dalam proses terhadap persyaratan kualitas (spesifikasi) yang ditetapkan.
 - Inspeksi dan pengujian produk akhir : Biaya-biaya yang berkaitan dengan evaluasi tentang konformansi produk akhir terhadap persyaratan kualitas yang ditetapkan.
 - Audit kualitas produk : Biaya-biaya untuk melakukan audit kualitas pada produk dalam proses atau produk akhir.
 - Pemeliharaan akurasi peralatan pengujian : Biaya-biaya dalam melakukan kalibrasi untuk mempertahankan akurasi instrumen pengukuran dan peralatan.
 - Evaluasi stok : Biaya-biaya yang berkaitan dengan pengujian produk dalam penyimpanan untuk menilai degradasi kualitas.
4. Biaya pencegahan (*Prevention cost*), merupakan biaya-biaya yang berhubungan dengan upaya pencegahan terjadi kegagalan internal maupun eksternal, sehingga meminimumkan biaya kegagalan internal maupun eksternal, sebagai berikut:
- Perencanaan Kualitas : Biaya-biaya yang berkaitan dengan aktivitas perencanaan kualitas secara keseluruhan.
 - Peninjauan ulang produk baru : Biaya-biaya yang berkaitan dengan rekayasa keandalan (*rebility engineering*) dan aktivitas lain terkait dengan kualitas yang berhubungan dengan pemberitahuan desain baru.
 - Pengendalian proses : Biaya-biaya inspeksi dan pengujian dalam proses untuk menentukan status dari proses (kapabilitas proses), bukan status dari produk.

- Audit kualitas : Biaya-biaya yang berkaitan dengan evaluasi atas pelaksanaan aktivitas dalam rencana kualitas secara keseluruhan.
- Evaluasi kualitas pemasok : Biaya-biaya yang berkaitan dengan evaluasi terhadap pemasok sebelum pemilihan pemasok.

Pelatihan : Biaya-biaya yang berkaitan dengan penyiapan dan pelaksanaan program pelatihan yang berkaitan dengan program peningkatan kualitas Six Sigma.

2.6 Penelitian Terdahulu

Banyak Skripsi dan Jurnal penelitian yang menggunakan metode Six Sigma dalam upaya pengendalian kualitas produk cacat. Diantaranya adalah :

1. Sholihah, (2017) dalam laporannya yang berjudul Analisa efektivitas kinerja mesin packing bumbu powder dengan menggunakan metode OEE di PT.Karunia Alam Segar. Dalam penelitiannya ada 3 mesin packing bumbu powder yang diidentifikasi banyaknya downtime losses pada mesin FPD 16, FPDB 1 dan FPDB 7. Dan diketahui mesin yang tidak mencapai target adalah mesin FPDB 1. Dan Berdasarkan hasil perhitungan nilai kinerja OEE Pada Bulan Juni – Agustus 2017 Proses Packing Bumbu Powder, maka didapatkan hasil perhitungan periode tersebut Nilai Availability mesin packing bumbu powder adalah 91,42 %, Nilai Performance mesin packing bumbu powder adalah 73,99 %, Nilai faktor Quality mesin packing bumbu powder adalah 99,31 % dan Nilai Overall Equipment Effectives (OEE) mesin packing bumbu powder adalah 67 % berada dibawah standar OEE kelas dunia.
2. Ahmad Muhaemin, (2012) dalam skripsinya yang berjudul Analisis pengendalian kualitas dengan metode Six Sigma pada Harian Tribun Timur. Tribun Timur merupakan salah satu koran daerah Kompas Gramedia yang dikelola PT Indopersda Primamedia (Persda Network), Divisi Koran Daerah Kompas Gramedia. Untuk menerbitkan Tribun Timur juga berusaha untuk terus meningkatkan kualitas dengan menekan angka produk cacat dalam proses produksinya. Dalam penelitiannya dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode six sigma dapat diketahui bahwa kualitas koran yang dihasilkan oleh perusahaan cukup baik yaitu 3,20 sigma dengan tingkat kerusakan 44.679 untuk sejuta produksi (DPMO). Implementasi peningkatan

kualitas six sigma pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ada tiga penyebab produk cacat tertinggi yaitu: warna kabur sebanyak 78%, tidak register sebanyak 12% dan terpotong 10%.

3. Alfin Nur Muhammad, (2017) dalam skripsinya yang berjudul Usulan penerapan konsep Six sigma dalam upaya menurunkan *defect product* leaf spring di PT. Indospring,Tbk. Dalam penelitiannya Pemecahan masalah dilakukan dengan metode Six Sigma, yang terdiri dari tahap *Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control* (DMAIC) dan diketahui Nilai DPMO untuk standar leaf BOW sebesar 0,2136 yang artinya dalam sejuta pcs produk yang dihasilkan terdapat 213.600 produk *defect*. *Defect* leaf B OW sebanyak 853 set *product*. Nilai sigma levelnya yakni 2,29. Nilai DPMO untuk standar Gap antar leaf sebesar 0,0345 yang artinya dalam sejuta pcs produk yang dihasilkan terdapat 34.500 produk *defect*. *Defect* gap antar leaf sebanyak 366 set *product*. Nilai sigma levelnya yakni 3,31. Nilai DPMO untuk standar Gap ujung sebesar 0,1862 yang artinya sejuta pcs produk yang dihasilkan terdapat 186.200 produk *defect*. *Defect* gap ujung sebanyak 206 set *product*. Nilai sigma levelnya yakni 2,39.
4. Ghiffari, I, Harsono, A, Bakar, A (2013) dalam jurnalnya yang berjudul Analisis Six Sigma Untuk Mengurangi Jumlah Cacat Di Stasiun Kerja Sablon pada perusahaan CV. Miracle yang bergerak dibidang konveksi. Perusahaan ini mempunyai dua buah stasiun kerja yaitu stasiun kerja sablon dan stasiun kerja jahit. Stasiun kerja sablon merupakan stasiun kerja kritis, karena menghasilkan cacat paling banyak.Jumlah cacat paling banyak terdiri dari cacat warna leber dan cacat terkelupas. Sebelum perbaikan diperoleh nilai sigma sebesar 1,3 sigma dan nilai DPMO 595.370. Biaya yang harus dikeluarkan untuk cacat dari stasiun kerja ini sebesar Rp. 417.920. Berdasarkan cause-effect diagram di peroleh keterangan bahwa metode sablon dan manusia sebagai operator merupakan aspek yang harus di perbaiki. Berdasarkan Failure Mode Effect Analysis diperoleh bahwa cacat sablon bersumber dari metode penjemuran yang tidak sempurna dan penggunaan tinner yang tidak tepat.Perbaikan cacat penjemuran dilakukan dengan perancangan eksperimen. Perbaikan proses sablon dilakukan dengan

merancang standar operational procedure. Proses perbaikan menghasilkan nilai sigma yang meningkat sebesar 2,05 dan DPMO menurun sebesar 290.741. Cost of Poor Quality akibat cacat pada stasiun kerja ini menurun sebesar Rp. 205.042,-.

5. Wardhana, W, Harsono, A, Liansari, G.P. (2015) dalam jurnalnya yang berjudul “Implementasi Perbaikan Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma Untuk Mengurangi Jumlah Cacat Produk Sajadah Pada Perusahaan PT. Pondok Tekstil Kreasindo” dalam penelitiannya yaitu, Jenis cacat yang paling kritis dan harus dilakukan adalah cacat bolong. Penyebab jenis cacat bolong berdasarkan faktor operator, metode, dan peralatan. Faktor yang paling menyebabkan cacat bolong adalah faktor metode. Faktor metode disebabkan karena SOP perusahaan yang belum baik sehingga tebal gulungan benang menjadi tidak sama satu sama lain tidak mengetahui jika benang akan habis. Usulan tindakan perbaikan yang diberikan kepada PT. Pondok Tekstil Kreasindo adalah dengan memisahkan pemakaian gulungan benang dan menghitung jumlah produk yang sudah dihasilkan dari gulungan benang, sehingga dapat diperkirakan kapan gulungan benang akan habis. Nilai DPMO mengalami penurunan sebesar 32645,74 dan nilai sigma mengalami peningkatan sebesar $0,327\sigma$. Dengan menurunnya nilai DPMO dan naiknya nilai sigma dari $2,983\sigma$ menjadi $3,31\sigma$, menandakan bahwa implementasi yang dilakukan cukup berhasil karena mampu mengurangi jumlah cacat pada perusahaan.
6. Meriastuti dan Elisa (2010), dalam jurnalnya yang berjudul Penerapan metode Six Sigma Untuk menurunkan jumlah cacat pada divisi painting di PT. Roda prima lancar, Tangerang. dalam penelitiannya menggunakan metode DMAIC (*define, measure, analyze, improve, and control the process*) dan diketahui usulan yang diberikan untuk mengurangi cacat produk dapat meningkatkan level sigma dari 5,095 menjadi 5,29. Kemampuan proses (Cp) meningkat dari 0,99929 menjadi 0,999544. COPQ menurun dari Rp 617.600,- menjadi Rp 518.784,-. Target cacat yang diharapkan sebesar 0,05 % pun tercapai setelah dilakukan perbaikan.

