

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang terkait dengan penelitian yang sekarang sedang dilakukan. Peninjauan yang dilakukan berkaitan dengan implementasi Six Sigma dengan metode DMAIC.

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan penelitian-penelitian terdahulu yang membahas mengenai *Six Sigma* dengan DMAIC. DMAIC merupakan akronim dari *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*. DMAIC adalah tahapan-tahapan yang dilakukan dalam metode *Six Sigma*.

Anupama Prashar (2013) melakukan penelitian mengenai aplikasi Six Sigma untuk mengidentifikasi dan mengurangi biaya kualitas yang dikeluarkan oleh perusahaan helikopter. Permasalahan kegagalan yang terjadi pada divisi perakitan komponen kipas pendingin ini didekati dengan *tools* DMAIC untuk mengurangi *Cost of Poor Quality* (COPQ). Dengan pendekatan tersebut didapatkan hasil penurunan tingkat *defect* sebesar 9%. Biaya yang dikurangi adalah biaya kegagalan pada pemasangan kipas pendingin helikopter karena kemungkinan besar akan terjadi penghematan pada saat diperbaiki.

Hui Zhen Zhao dkk (2011) melakukan analisis mengenai masalah kualitas mata gergaji pada perusahaan pisau. Penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki level sigma yang ada. Perbaikan dilakukan dengan melakukan berbagai tahapan dalam *tools* DMAIC. Penelitian ini berhasil dilakukan dengan adanya penurunan tingkat kegagalan sebesar 0.3%, nilai DPMO turun dibawah 160 dan peningkatan proses kapabilitasnya.

Jeroen de Mast dkk (2012) melakukan perbandingan metode DMAIC dengan teori-teori ilmiah di bidang penyelesaian masalah. Penelitian ini menggunakan berbagai sumber seperti sumber preskriptif dan literatur-literatur. Literatur yang dipilih untuk penyelesaian masalah yaitu spesifisitas dan generalitas metode, struktur masalah,

pemecahan masalah tugas generik; pemecahan masalah diagnostik, dan pemecahan masalah perbaikan.

S.N. Teli dkk (2013) melakukan studi kasus pada sebuah industri otomotif. Pada studi kasus ini, ingin ditunjukkan dengan *Cost of Poor Quality* (COPQ) jika yang mempengaruhi biaya kualitas tertinggi adalah akibat pengembalian mobil kepada konsumen akibat kegagalan pada sistemnya. Pada kasus ini biaya kualitas diakibatkan dari biaya kualitas internal dan biaya kualitas eksternal. Biaya eksternal dikarenakan kesalahan pada produksi sehingga produk tidak sesuai spesifikasi. Biaya eksternal dikarenakan material yang didapat dari supplier tidak sesuai standar yang sudah ditetapkan. Oleh karena itu dilakukan evaluasi dengan menggunakan *Part per Million* (PPMeq) untuk menentukan *supplier* yang memiliki nilai PPMeq terendah.

Shahid Mahmood dkk (2014) melakukan penelitian untuk menguji efektifitas sistem biaya *appraisal* dalam project konstruksi. Penelitian dilakukan untuk mencari metode pengukuran COPQ, sistem pencatatan untuk mengidentifikasi COPQ, menjelaskan hubungan COPQ, produktivitas tenaga kerja, dan profitabilitas. Metode tersebut diterapkan dalam studi kasus dan mendapatkan hasil penurunan COPQ sebesar 24%, peningkatan produktivitas tenaga kerja sebesar 17% dan peningkatan profitabilitas sebesar 11%.

E.V. Gijo dkk (2011) melakukan penelitian pada perusahaan otomotif yang memproduksi komponen mobil. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengurangi jumlah cacat pada. Dengan adanya penelitian ini nilai sigma naik dari 2.47 menjadi 3.76. Pada tahap *define* dilakukan pembentukan tim yang bertugas untuk menentukan *critical to quality* (CTQ) dan SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*). Tahap kedua *measure* yang dilakukan adalah validasi sistem pengukuran, analisis kapabilitas proses untuk mencari nilai DPMO dan nilai sigma, serta membuat diagram pareto untuk mengetahui jenis cacat tertinggi. Tahap selanjutnya yaitu *analyze* yang dilakukan adalah membuat diagram sebab akibat. Tahap *improve* dilakukan eksperimen untuk mencari *setting* parameter yang optimum. Tahap terakhir *control* diterapkan audit internal dengan *checklist* dan *control chart*. Berikut merupakan perbandingan penelitian dari studi pustaka yang telah dilakukan. Perbandingan penelitian diringkas dalam matriks tinjauan pustaka pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Matriks Tinjauan Pustaka

	CTQ	SIPOC	Diagram Pareto	DMAIC	Analisis Kapabilitas	Peta Kendali	Diagram Sebab-Akibat	COPQ
Anupama Prashar (2013)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hui Zhen Zhao dkk (2011)	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
Jeroen de Mast dkk (2012)				✓				
S.N. Teli dkk (2013)								✓
Shahid Mahmood dkk (2014)								✓
E.V. Gijo dkk (2011)	✓	✓		✓	✓	✓	✓	

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian yang sekarang dilakukan di sebuah perusahaan yang bergerak di bidang industri kayu yang memproduksi *plywood*. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi jumlah *defect* yang terjadi pada *plywood*. Dengan adanya penurunan jumlah *defect* diharapkan pula adanya penurunan biaya kualitas sehingga biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk produksi menurun.

Penelitian yang sekarang dilakukan akan menggunakan metode *Six Sigma DMAIC* dengan bantuan berbagai *tools* seperti diagram pareto, diagram *fishbone*, PFMEA, dll. Setiap proses dalam pembuatan *plywood* akan dianalisis sehingga dapat diketahui penyebab masalah dan tindakan perbaikan yang harus dilakukan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pengertian Kualitas

Kualitas adalah segala sesuatu yang mempengaruhi kepuasan terhadap hal yang diinginkan/dikehendaki oleh pelanggan. Kualitas dapat dikatakan baik apabila berhasil memenuhi kebutuhan yang diharapkan oleh penggunanya. Perusahaan yang memiliki produk yang kualitasnya baik dapat membuat konsumen puas terhadap produk yang dihasilkan. Produk yang dihasilkan dapat berupa barang atau jasa. Untuk perusahaan yang menjual jasa, pelayanan terhadap konsumen adalah hal yang sangat diperhatikan. Definisi kualitas dapat dilihat dari berbagai perspektif antara lain adalah sebagai berikut.

- a. Kualitas dari perspektif desain. Kualitas menurut perspektif ini adalah jumlah atribut produk yang lebih tinggi sama dengan kualitas yang lebih baik.
- b. Kualitas dari perspektif pelanggan. Menurut perspektif ini pelanggan menilai kualitas berhubungan dengan harga.
- c. Kualitas dari perspektif operasi. Kualitas dilihat dari kepatuhan terhadap spesifikasi.
- d. Kualitas sebagai tuntutan pelanggan. Kualitas berarti memenuhi atau melebihi harapan konsumen.

Berikut merupakan beberapa pengertian kualitas menurut para ahli :

- a. Josep Juran (1988)
Kualitas adalah *fitness of purpose* atau dapat diartikan kesesuaian produk dengan persyaratan atau kebutuhan.
- b. Armand V. Feigenbaum (1991)
Kualitas produk dan layanan yang memenuhi harapan dari konsumen.
- c. Crosby (1979)
Kualitas adalah kesesuaian antara produk dengan persyaratan spesifikasi produk.
- d. Garvin (1984)
Kualitas merupakan suatu keadaan yang dinamis antara metode, manusia, dan lingkungan yang memenuhi bahkan melampaui harapan dari konsumen.

Dari berbagai pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa kualitas adalah kesesuaian antara produk yang dihasilkan dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh konsumen.

Karakteristik kualitas dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu variabel dan atribut. Variabel merupakan karakteristik yang dapat diukur dan diekspresikan dalam skala numerik. Atribut merupakan karakteristik yang tidak dapat diukur tetapi dapat diklasifikasikan sebagai produk yang sesuai atau tidak sesuai dengan persyaratan spesifikasi yang ditetapkan. Atribut dibagi menjadi 2 yaitu *nonconformity* dan *nonconforming*. *Nonconformity* (cacat) adalah cacat/ketidaksesuaian karakteristik kualitas dari yang sudah ditentukan sehingga akan membuat produk atau jasa tidak memenuhi spesifikasi yang diinginkan. *Nonconforming* (unit cacat) digunakan untuk mendeskripsikan sebuah unit produk atau jasa yang terdapat sekurang-kurangnya satu *nonconformity*.

2.2.2. Teori Six Sigma

Sigma (σ) merupakan sebuah kata yang berasal dari Yunani yang memiliki arti standar deviasi/simpangan terhadap nilai tengah. Standar deviasi menunjukkan ukuran variasi/persebaran rata-rata sebuah proses. Standar deviasi biasanya digunakan untuk menggambarkan banyaknya variasi terjadi dalam kumpulan data. Berdasarkan konsep *Six Sigma* Motorola, pergerakan variasi pada proses berkisar $\pm 1,5\sigma$. Menurut Gaspersz, V. (2002) proses *six sigma* adalah proses yang menghasilkan 3,4 DPMO (*defect per million opportunity*). Target usaha dari *Six Sigma* terdiri dari tiga bidang yaitu meningkatkan kepuasan pelanggan, mengurangi waktu siklus, dan mengurangi cacat. Nilai sigma dalam kualitas diartikan sebagai seberapa sering cacat yang mungkin terjadi. *Six sigma* merupakan metode yang berfungsi untuk mengurangi jumlah produk cacat dengan bantuan metode statistik dan ilmiah. Penerapan *six sigma* dapat digunakan untuk perbaikan dalam hal pengurangan biaya, pertumbuhan pangsa pasar, pengurangan waktu siklus, loyalitas pelanggan, pengurangan cacat, peningkatan produktivitas, dan pengembangan produk (Pande dkk, 2000). *Defect* merupakan kegagalan dalam memenuhi spesifikasi pelanggan/kesalahan yang diterima oleh pelanggan. *Defect Per Unit* adalah ukuran kegagalan yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan pada produk secara keseluruhan. *Defect Per Opportunities* (DPO) merupakan ukuran kegagalan yang menunjukkan banyaknya cacat/kegagalan per satu kesempatan. *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) menunjukkan kegagalan per satu juta kesempatan.

Level sigma berhubungan dengan kapabilitas proses dengan menghitung nilai DPMO. Berikut merupakan tingkat pencapaian sigma :

Tabel 2.2. Level Sigma

True 6-Sigma process (Normal Distribution Center)			Motorola's 6-Sigma Process (Normal Distribution shifted 1,5-sigma)		
Batas Spesifikasi (LSL-USL)	Presentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO	Batas Spesifikasi (LSL-USL)	Presentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO
± 1 -Sigma	68,27 %	317.300	± 1 -Sigma	30,8538%	691.642
± 2 -Sigma	95,45%	45.500	± 2 -Sigma	69,1462%	308.538
± 3 -Sigma	99,73%	2.700	± 3 -Sigma	93,3193%	66.80
± 4 -Sigma	99,9937%	63	± 4 -Sigma	99,3790%	6.210
± 5 -Sigma	99,999943%	0,57	± 5 -Sigma	99,9767%	233
± 6 -sigma	99,9999998%	0,002	± 6 -sigma	99,99966	3,4

Peningkatan level sigma dapat menggunakan metode DMAIC (*define-measure-analyze-improve-control*). Berikut merupakan penjelasan untuk tiap-tiap tahapan yang ada :

a. *Define*

Tahap ini merupakan langkah operational pertama dalam program peningkatan kualitas. Pada tahap ini dilakukan identifikasi sebuah proyek yang penting bagi konsumen (*voice of customer*) dan penting bagi perusahaan. Secara garis besar tahap ini melakukan identifikasi masalah yang menyebabkan kepuasan konsumen turun lalu mencari langkah untuk penyelesaian masalah yang ada. Pada tahap ini perlu mendefinisikan hal-hal sebagai berikut :

i. Kriteria pemilihan *project six sigma*

Pada tahap ini aktivitas yang dilakukan adalah menanggapi segala tanda-tanda munculnya permasalahan yang berpotensi untuk dijadikan proyek *Six Sigma*. Dari berbagai gejala yang ada maka akan ditentukan hal yang paling berpotensi untuk

dilakukan perbaikan. Tahapan yang ada dalam manajemen proyek adalah sebagai berikut :

1. Permulaan proyek. Pada tahap ini dilakukan penentuan arah, prioritas, batasan, dan penghambatnya.
2. Perencanaan proyek. Pada tahap ini dilakukan penentuan ruang lingkup proyek serta sumber daya yang dibutuhkan.
3. Pelaksanaan proyek. Pada tahap ini dilakukan proses yang sesuai dan memenuhi kualifikasi dan spesifikasi desain teknis proyek.
4. Pengendalian proyek. Pengendalian proyek menggunakan perangkat komunikasi dan manajemen untuk memantau kinerja manajemen, perbaikan proses, dan kepuasan pelanggan.
5. Penutupan proyek. Proyek yang ada dievaluasi berdasarkan kepuasan pelanggan atas hasil proyek agar ada masukan untuk memperbaiki proyek di masa yang akan datang.

Berikut merupakan faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan proyek :

1. Pengaruh terhadap pelanggan dan efektivitas organisasi
 2. Kemungkinan kesuksesan
 3. Pengaruh terhadap karyawan
 4. Kesesuaian dengan strategi dan keunggulan kompetitif
 5. Keuntungan finansial
- ii. Peran dan tanggung jawab orang yang terlibat dalam *project six sigma*
- Tim proyek *six sigma* adalah sekumpulan orang yang bekerja sama untuk mencapai tujuan yang sama. Tim ini terdiri dari beberapa jenis yaitu :
1. Pendukung. Pendukung/*champion* adalah para manajer senior yang mencetuskan ide pelaksanaan *six sigma*. Peran *champion* adalah memilih proyek, menentukan tujuan, menyediakan sumber daya, dan menjadi mentor dalam tim. *Champion* bertugas untuk menyingkirkan/membuang halangan baik dari sisi organisasi, finansial, dan lainnya yang sifatnya menghambat kesuksesan pelaksanaan proyek *six sigma*.
 2. Master sabuk hitam. Jenis ini adalah para ahli *six sigma* yang bertanggung jawab atas strategi, pelaksanaan, konsultasi, dan hasil proyek. Tugas utamanya adalah membimbing dan memberi saran mengenai teknis pelaksanaan proyek jika terdapat masalah yang terjadi.

3. Sabuk hitam. Orang yang termasuk dalam kategori ini bertugas untuk melakukan analisis teknis yang dibutuhkan untuk pelaksanaan proyek, sehingga harus mampu menjelaskan kepada masalah teknis dengan bahasa yang lebih mudah dipahami oleh *champion*. Golongan ini dapat juga membantu memilih anggota tim, melakukan pelatihan, dan memimpin tim agar proyek dapat terlaksana sesuai jadwal.
4. Sabuk hijau. Golongan ini bertugas untuk melaksanakan analisis dan memberi ide-ide perbaikan.
5. Anggota tim. Adalah golongan yang bertugas mengumpulkan data untuk mendukung proyek *six sigma*.

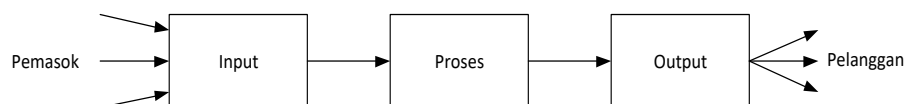
iii. Kebutuhan pelatihan untuk orang-orang yang terlibat

Pelatihan yang dibutuhkan oleh pihak yang terlibat adalah keterampilan baik yang harus dimiliki oleh pemimpin tim maupun anggota tim. Kemampuan itu antara lain adalah :

1. Manajemen dan pemecahan konflik
2. Manajemen tim
3. Kemampuan memimpin
4. Kemampuan membuat keputusan
5. Kemampuan berkomunikasi
6. Negosiasi
7. Pelatihan mengenai budaya

iv. Proses-proses kunci beserta pelanggannya

Proses kunci dalam proyek *six sigma* dapat diidentifikasi dengan *tools* SIPOC (*Suppliers – Inputs – Process – Output – Customers*). *Suppliers* adalah pihak yang menyediakan input yang dibutuhkan. *Input* adalah bahan yang dibutuhkan untuk diproses menjadi *output*. *Process* adalah aktivitas yang dilakukan untuk mengubah *input* menjadi *output*. *Output* adalah hasil yang didapatkan dari sebuah proses dengan *input* yang ada. *Customers* adalah individu, organisasi, maupun pihak yang menerima *output*.



Gambar 2.1. Peta Proses SIPOC

Sumber : James R. Evans (2005)

v. Kebutuhan spesifik dari pelanggan

Kebutuhan spesifik dari pelanggan dapat diidentifikasi dengan menggunakan *tools* berupa *critical to quality* (CTQ) *diagram*. CTQ merupakan atribut utama dari kebutuhan konsumen. CTQ ditetapkan berhubungan dengan kebutuhan spesifik konsumen yang didapatkan dari karakteristik kualitas.

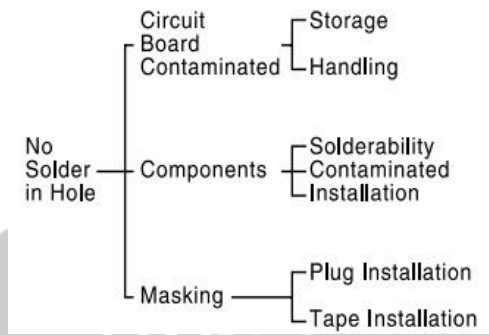
Menurut Montgomery (2013) karakteristik kualitas dibedakan menjadi 3 hal, yaitu:

1. Fisik : panjang, berat, voltase, viskositas
2. Sensoris : rasa, tampilan, warna
3. Orientasi waktu : *reliability, durability, serviceability*

Karakteristik kualitas produk menurut Tjiptono (2011) adalah sebagai berikut :

1. Kinerja. Berkaitan dengan karakter operasional utama produk.
2. Fitur. Berkaitan dengan pengembangan karakteristik utama.
3. Reliabilitas. Kemungkinan suatu produk dapat tetap bekerja dalam jangka waktu tertentu di dalam kondisi tertentu.
4. Kepatuhan. Kesesuaian karakter fisik serta kinerja produk terhadap standar yang ditentukan.
5. Durabilitas. Daya tahan merupakan ukuran masa pakai produk.
6. Tingkat servis. Berkaitan dengan kecepatan, keramahan, dan kompetensi perbaikan.
7. Estetika. Berkaitan mengenai keindahan produk.
8. *Perceived quality*. Berkaitan perasaan pelanggan saat menggunakan produk tersebut.

Karakter kualitas dapat digambarkan lebih detail dengan menggunakan *tree diagram*. Berikut merupakan contoh dari *tree diagram* dari Pyzdek (2002) :



Gambar 2.2. Diagram CTQ

Menurut Noriaki Kano, CTQ dapat diklasifikasikan dalam tiga kategori yaitu :

1. Penyebab ketidakpuasan. Sesuatu yang diharapkan di dalam suatu produk.
2. Penyebab kepuasan. Sesuatu yang diinginkan oleh pelanggan.
3. Pembuat senang. Fitur baru atau inovatif yang tidak diharapkan oleh pelanggan.

vi. Pernyataan tujuan *project six sigma*

Tujuan dari proyek yang telah ditetapkan dalam sebuah perbaikan. Pernyataan dari tujuan proyek *six sigma* menurut Pyzdek dan Keller (2010) dapat ditunjukkan dalam tabel *project charter* sebagai berikut.

Project Name/Title: Order Processing Efficiency Start Date: 9/17/07				
Problem/Project Description: Current capacity in Sales/Customer Support area is constrained, while there are untapped opportunities for increased sales. We should limit, wherever possible, Sales involvement in order processing to free up resource for active lead follow-up and sales generation. In addition, errors and/or gaps in information acquired during Order Processing procedure have a negative impact on time required to generate, and/or receipt rate of, email marketing and software renewals to existing clients. This has an especially large potential impact, since it requires correction by senior sales staff, who might otherwise have more time to engage with clients, develop marketing efforts, or work with product development staff.				
Project Scope (Process, Product, functional areas): Limited to software products.				
Project Objectives & Goals:		Metric	Baseline	Goal
To decrease cycle time & costs of specific Sale Department activities:		Cost/Order	\$32 download \$40 shipped	\$16 download \$20 shipped
<ul style="list-style-type: none"> > Order Processing by 50%+ > Marketing to existing clients by 80+% > Software renewals by 80+% 		Time/campaign Time/update	2-4 hours 2-4 hours	20 minutes 20 minutes
Business Need	Customer Impact: Improved notification rate for renewals & upgrades; reduction in total cycle time as procedure more streamlined.			
	Shareholder Impact: Increased sales potential, immediately on upgrades, but also for future sales with availability of sales staff; Reduced cost for order processing. Reduced costs for marketing & renewal campaigns.			
	Employee Impact: Clearer responsibilities; Less interruption in process flow.			
Project Sponsor: Peter Keene, VP		Stakeholder Group: Sales & Operations		Signature / Date
Team Back Belt: Patrick Killihan				
Team Members: Don Debuski		Customer Support		
Helen Winkleham		Shipping & Packaging		
Anne Sheppard		Accounting		
DEFINE	MEASURE	ANALYZE	IMPROVE	CONTROL
Objective Date Complete	Objective Date Complete	Objective Date Complete	Objective Date Complete	Objective Date Complete
> Project Def. 9/17/07	> Process Definition	> Value Stream Analysis	> Implement Process	> Standardize Methods
> Top level Process Def. 9/19/07	> Metric Def.	> Analyze Variation	> Assess Benefits	> Control Plan
> Team Formation 9/19/07	> Estimate Baseline	> Determine Drivers	> Evaluate Failure Mode	> Lessons Learned

Gambar 2.3. Contoh Project Charter

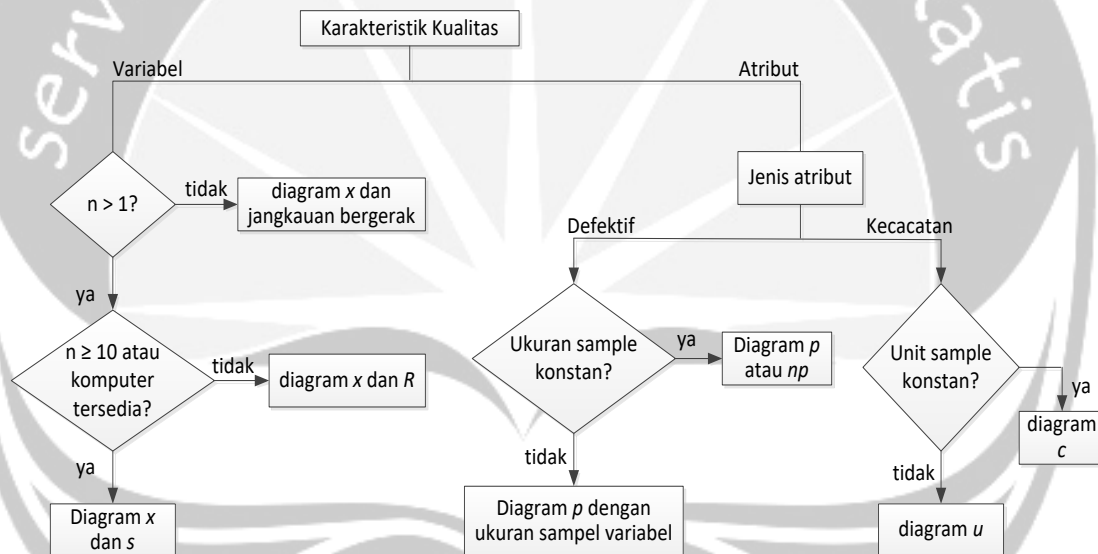
Sumber : Pyzdek (2010)

b. Measure

Merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas six sigma. Pada tahap ini fokus pada pemahaman kinerja proses yang dipilih untuk diperbaiki, pengumpulan data yang akan dianalisis, dan penilaian sistem pengukuran untuk memastikan validitas pengukuran dan kapabilitas proses yang diteliti. Pengukuran yang baik dapat dilihat dari indikator seperti spesifik, terukur, bisa dicapai, realistis, dan ada rentang/jangka waktu. Berikut merupakan hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap *measure* :

- i. Mengumpulkan data. Data dapat diperoleh dari data masa lalu ataupun pengambilan data ulang agar lebih akurat. Data tersebut akan digunakan sebagai

dasar analisis kapabilitas proses dengan *control chart*. Data berbentuk variabel dapat diolah menggunakan *c-chart* atau *np-chart*, sedangkan untuk data berbentuk atribut dapat diolah menggunakan *u-chart* atau *p-chart*. *P-chart* digunakan untuk pengendalian proporsi produksi cacat, berbeda dengan *NP-chart* digunakan untuk mengendalikan jumlah produk cacat di dalam sampel ukuran dari masing-masing sampel harus konstan. Peta kendali tersebut digunakan untuk jenis data *nonconforming*. *C chart* digunakan untuk mengendalikan jumlah total kecacatan per unit sedangkan *U chart* digunakan untuk mengendalikan jumlah rata-rata kecacatan per unit ketika ukuran sub group tidak konstan. Peta kendali tersebut digunakan untuk jenis data *nonconformity*. Berikut merupakan pembagian jenis peta kendali yang dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Jenis-Jenis Peta Kendali

Sumber : James R. Evans (2005)

U-chart terdiri dari 3 garis bantu yaitu *center line (CL)*, *lower control limit (LCL)*, *upper control limit (UCL)*. *Center line* adalah rata-rata dari jumlah cacat per unit. *Lower control limit* adalah batas kendali bawah dan *upper control limit* adalah batas kendali atas. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung CL, LCL, dan UCL.

$$u = \frac{c}{n} \quad (2.1)$$

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} \quad (2.2)$$

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.3)$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.4)$$

Keterangan :

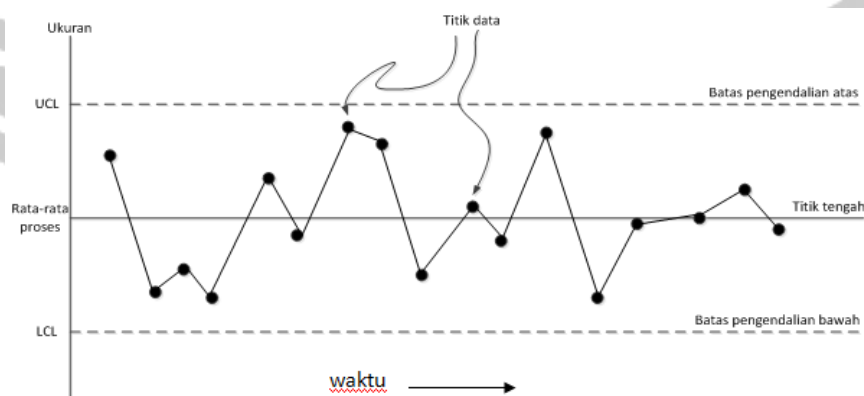
c = jumlah *nonconformities* dalam subgroup

n = jumlah produk yang diinspeksi dalam subgroup

u = jumlah *nonconformities* per jumlah unit dalam subgroup

\bar{u} = rata-rata jumlah *nonconformities* per jumlah unit dalam subgroup

Peta kendali dapat digunakan untuk menganalisis karena terdapat grafik yang menggambarkan jika terjadi penyimpangan dari standar yang ada. Standar yang dipakai adalah UCL, CL, dan LCL sehingga dengan peta ini dapat dilihat apakah kondisi yang terjadi baik, buruk, atau tidak mempengaruhi. Peta ini juga dapat digunakan untuk tindakan perbaikan, misalnya terjadi kondisi diluar batas kendali maka penyebab khusus dapat diidentifikasi sehingga dapat dilakukan perbaikan untuk proses yang lebih stabil.



Gambar 2.5. Peta Kendali

Sumber : James R. Evans (2005)

ii. Melakukan validasi sistem pengukuran dengan *tools measurement system analysis (MSA)*. Setelah data diolah menggunakan *software Minitab*, penilaian hasil sistem pengukuran dapat dilihat berdasarkan koefisien *kappa* dan nilai *p-value*. *Uji Kappa* merupakan ukuran yang menyatakan konsistensi pengukuran dari 2 penilai dalam mengklasifikasikan obyek ke dalam kelompok. Jika nilai *p-value* lebih kecil dari pada tingkat signifikansi maka koefisien *kappa* signifikan. Sistem pengukuran yang baik ditentukan berdasarkan tingkat kesesuaian antar inspektor dengan standar yang dapat dilihat dari nilai koefisien *kappa*. Koefisien *kappa* bernilai antara -1 hingga +1, dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Jika nilai koefisien *kappa* mendekati +1, artinya antar inspektor terdapat kesepakatan yang hampir sama.
2. Nilai koefisien *kappa* bernilai 0, artinya kesepakatan hanya terjadi pada saat kebetulan saja.
3. Nilai koefisien *kappa* mendekati -1, artinya kesepakatan antar inspektor bertolakbelakang.

$$Fleiss' Kappa = \frac{Po - Pe}{1 - Pe} \tag{2.5}$$

$$Po = \frac{1}{Nn(n-1)} [\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k Xij^2 - Nn] \tag{2.6}$$

$$Pe = \sum \left[\frac{1}{Nn} \sum_{i=1}^N Xij \right] \tag{2.7}$$

Keterangan :

- Po = proporsi penilai k kali menilai setuju
- Pe = proporsi yang diharapkan dari penilai k kali menilai setuju
- N = jumlah subjek
- n = jumlah penilai
- k = kategori skala
- ij = jumlah penilai yang menugaskan subjek ke-i ke kategori ke-j

Gauge R&R merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui sistem pengukuran sudah benar atau belum. Sistem pengukuran digolongkan menjadi 2 yaitu akurasi dan presisi. Akurasi menunjukkan perbedaan antara pengukuran dengan nilai aktual. Presisi menunjukkan variasi pada saat pengukuran pada obyek yang sama dengan sistem pengukuran yang sama. Presisi terdiri dari 2

komponen yaitu *repeatability* dan *reproducibility*. *Repeatability* terjadi ketika variasi muncul pada saat pengukuran dilakukan orang yang sama menggunakan alat yang sama secara berulang (alat pengukuran). *Reproducibility* terjadi ketika variasi muncul pada saat pengukuran dilakukan oleh orang yang beda menggunakan alat dan obyek yang sama (sistem pengukuran). Berikut merupakan langkah-langkah melakukan Gage R&R :

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (2.8)$$

$$R = X_{max} - X_{min} \quad (2.9)$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{n} \quad (2.10)$$

$$\bar{R} = \frac{R}{n} \quad (2.11)$$

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum \bar{R}}{n} \quad (2.12)$$

$$\bar{\bar{X}}(diff) = \bar{\bar{X}}_{max} - \bar{\bar{X}}_{min} \quad (2.13)$$

$$UCL_R = D_4 \times \bar{R} \quad (2.14)$$

$$LCL_R = D_3 \times \bar{R} \quad (2.15)$$

$$R_p = \bar{\bar{X}}_{max} - \bar{\bar{X}}_{min} \quad (2.16)$$

$$EV = \bar{\bar{R}} \times k_1 \quad (2.17)$$

$$AV = \sqrt{(k_2 \bar{\bar{X}}_{diff})^2 - (EV^2/nr)} \quad (2.18)$$

$$R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2} \quad (2.19)$$

$$PV = R_p \times k_3 \quad (2.20)$$

$$TV = \sqrt{(R\&R)^2 - PV^2} \quad (2.21)$$

$$\%EV = 100 \left(\frac{EV}{TV} \right) \quad (2.22)$$

$$\%AV = 100 \left(\frac{AV}{TV} \right) \quad (2.23)$$

$$\%R\&R = 100 \left(\frac{R\&R}{TV} \right) \quad (2.24)$$

$$\%PV = 100 \left(\frac{PV}{TV} \right) \quad (2.25)$$

Keterangan :

k1 = 4,56 untuk 2 trials, 3.05 untuk 3 trials

k2 = 3.65 untuk 2 operator, 2.70 untuk 3 operator

n = jumlah part

r = jumlah trial

k3 = tergantung jumlah part

Rp = range dari rata-rata part

TV = Total Variasi

EV = Equipment variation (repeatability)

AV = Appraiser variation (reproducibility)

R&R = Gauge Repeatability and Reproducibility

Pedoman untuk G & G yang dapat diterima :

1. Error dibawah 10%, sistem gage cukup memuaskan
 2. Error antara 10% sampai 30%, sistem gage dapat diterima berdasarkan atas pentingnya aplikasi, biaya gage, biaya perbaikan, dll
 3. Error lebih dari 30%, sistem gage tidak memuaskan. Identifikasi penyebab dan ambil tindakan korektif
- iii. Melakukan pengukuran pada tingkat output untuk melihat kinerja (analisis kapabilitas, nilai sigma, DPU, DPO dan DPMO) sekarang yang dapat ditetapkan pada awal *project six sigma*. Berikut merupakan rumus yang dapat digunakan untuk menghitung nilai DPO dan DPMO. Rumus DPU, DPO dan DPMO dapat dilihat pada 2.1, 2.2, dan 2.3.

$$DPU = \frac{D}{u} \quad (2.26)$$

Keterangan :

DPU = jumlah nonconformities per unit

D = jumlah cacat yang teridentifikasi

U = jumlah unit yang diproduksi

$$DPO = \frac{\text{banyaknya temuan cacat}}{\text{banyaknya unit yang diperiksa} \times \text{jumlah CTQ}} \quad (2.27)$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (2.28)$$

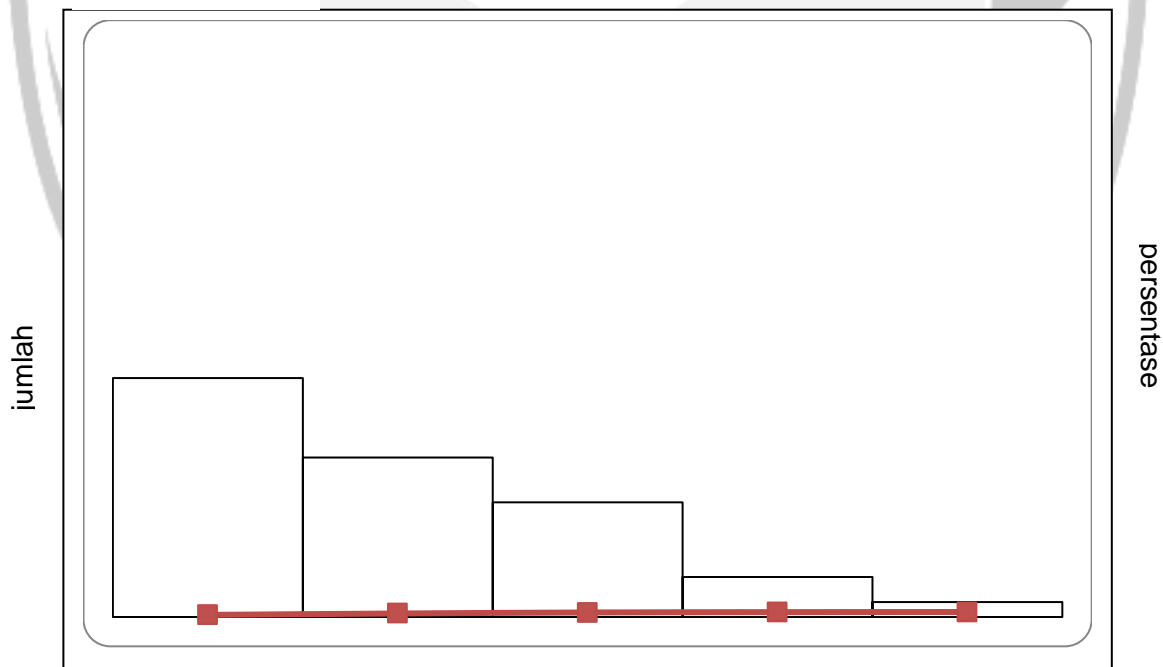
iv. Mengidentifikasi penyebab cacat paling potensial dengan *pareto chart*. Menurut Besterfield (1990) diagram pareto adalah diagram yang menunjukkan data dari kiri ke kanan berdasarkan banyaknya kejadian. Dengan adanya pareto chart kita dapat mengetahui persentase cacat terbesar hingga terkecil sehingga dapat dilakukan perbaikan terhadap cacat yang paling potensial. Menurut Alfred Pareto, 80% masalah kegagalan dapat disebabkan oleh 20% dari masalah kualitas. Rumus % cacat adalah :

$$\% \text{ cacat} = \frac{\text{jumlah cacat per jenis}}{\text{jumlah cacat keseluruhan}} \quad (2.29)$$

Berikut merupakan 6 langkah dalam pembuatan diagram pareto, yaitu :

1. Tentukan metode yang digunakan dalam klasifikasi data sesuai dengan permasalahan, sebab, jenis kecacatan, dll.
2. Tentukan frekuensi yang digunakan untuk mengurutkan data.
3. Kumpulkan data dalam waktu tertentu.
4. Ringkas data yang diperoleh dan urutkan dari yang terbesar ke terkecil.
5. Hitung persentase kumulatif.

Diagram Pareto n pareto.



Gambar 2.6. Diagram Pareto

Sumber : James R. Evans (2005)

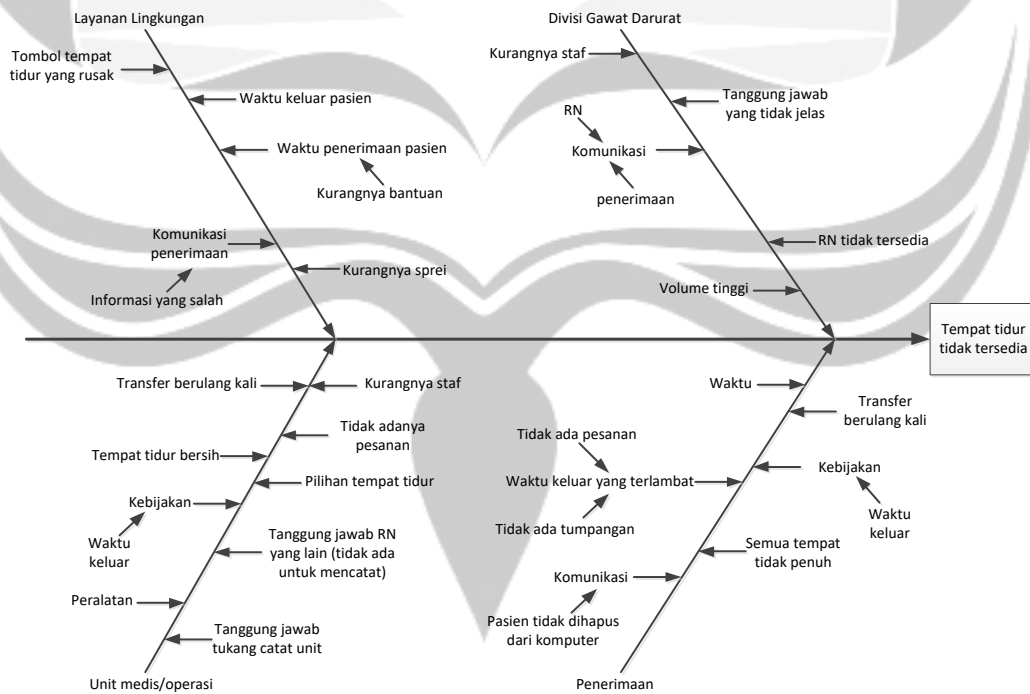
c. Analyze

i. Fishbone Diagram

Hal yang perlu dilakukan mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan. Identifikasi bisa dilakukan dengan *tools fishbone diagram*. Diagram ini disusun berdasarkan *brainstorming* dari beberapa orang yang terlibat. Sebuah permasalahan yang dihadapi dituliskan pada akhir garis horizontal. Setiap cabang yang mengarah pada ranting utama mewakili kemungkinan penyebab. Cabang yang menunjuk ke sebab-sebab adalah kontributor dari sebab tersebut. Hal yang harus diperhatikan dalam penyusunan *fishbone diagram* adalah :

1. Tentukan akibat/masalah yang muncul lalu letakkan akibat tersebut pada bagian kanan dari diagram.
2. Tentukan penyebab utama (*man, method, machine, materials, etc*) dari masalah yang terjadi.
3. Lakukan *brainstorming* untuk menetapkan penyebab-penyebab lain yang muncul muncul.
4. Lakukan analisis untuk menentukan penyebab-penyebab penting.

Contoh *fishbone diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Contoh Fishbone Diagram

Sumber : James R. Evans (2005)

ii. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA adalah suatu tools digunakan untuk menganalisis potensi kesalahan / kegagalan dalam sistem, dan potensi yang teridentifikasi akan diklasifikasikan menurut besarnya potensi kegagalan dan efeknya terhadap proses. Ada 2 jenis FMEA yaitu *Process FMEA* dan *Design FMEA*. *Process FMEA* membahas mengenai proses yang terjadi saat membuat produk sedangkan *Design FMEA* membahas mengenai komponen/part dari produk. Dalam pembuatan FMEA terdapat hal yang harus diperhatikan antara lain :

1. Mendefinisikan ruang lingkup, parameter desain, dan langkah-langkah proses
2. Mengidentifikasi jenis kegagalan potensial yang mungkin terjadi (*potential failure mode*).
3. Identifikasi efek dari kegagalan potensial yang terjadi (*potential failure effects*).
4. Beri nilai tingkat keparahan akibat dari kegagalan yang timbul (*severity*).
5. Tulis penyebab kegagalan (*potensial causes*).
6. Beri nilai tingkat frekuensi kejadian (*occurrence*).
7. Tuliskan pengendalian saat ini (*current controls*).
8. Beri nilai tingkat deteksi (*detection*).
9. Nilai prioritas resiko/ *risk priority number (RPN)*. Nilai ini dapatkan dari perkalian antara *severity*, *occurrence*, dan *detection*.
10. Tindakan usulan (*action recommended*).

Hal diatas akan dirangkum dalam sebuah *worksheet* guna mempermudah pembuatan FMEA. Berikut merupakan *worksheet* FMEA.

Tabel 2.3. Worksheet FMEA

<i>Process</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Failure Effects</i>	<i>Sev</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occ</i>	<i>Current Controls</i>	<i>Det</i>	<i>RPN</i>	<i>Action Recommended</i>

Untuk pengisian nilai pada tingkat keparahan, frekuensi kejadian dan tingkat deteksi menggunakan skala angka 1 -10. Dengan adanya skala ini berguna agar penilaian yang diberikan tidak subjektif. Berikut merupakan skala penilaian untuk tingkat keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*) dan tingkat deteksi (*detection*) menurut Dyadem (2003).

Tabel 2.4. Skala Penilaian Severity

Efek	Ranking	Kriteria
<i>None</i>	1	Tidak terlihat oleh pengguna
<i>Very Slight</i>	2	Efek tidak signifikan
<i>Slight</i>	3	Pengguna mungkin akan melihat efeknya tapi efeknya hanya sedikit
<i>Minor</i>	4	Pengguna akan mengalami dampak negatif yang kecil pada produk
<i>Moderate</i>	5	Terjadi penurunan kinerja secara bertahap yang membuat pengguna kecewa pada produk
<i>Severe</i>	6	Produk dapat digunakan dan aman namun kinerjanya turun

Tabel 2.4. Lanjutan

Efek	Ranking	Kriteria
<i>High Severity</i>	7	Kinerja produk sangat terpengaruh dan pengguna sangat kecewa
<i>Very High Severity</i>	8	Produk tidak dapat digunakan namun aman, pengguna sangat kecewa
<i>Extreme Severity</i>	9	Kegagalan menyebabkan efek yang berbahaya. Keamanan dan peraturan diperhatikan.
<i>Maximum Severity</i>	10	Kegagalan pasti menyebabkan efek yang berbahaya.

Tabel 2.5. Skala Occurrence

Kejadian	Ranking	Peluang Muncul
<i>Extremely Unlikely</i>	1	Kegagalan sangat tidak mungkin terjadi (0.0001%)
<i>Remote Likelihood</i>	2	Kegagalan sangat jarang terjadi (0.0005%)

<i>Very Low Likelihood</i>	3	Kegagalan jarang terjadi (0.0025%)
<i>Low Likelihood</i>	4	Kegagalan beberapa kali terjadi (0.01%)
<i>Moderately Low Likelihood</i>	5	Kegagalan sesekali terjadi (0.025%)
<i>Medium Likelihood</i>	6	Kegagalan terjadi pada jumlah tingkat sedang (1.25%)
<i>Moderately High Likelihood</i>	7	Kegagalan terjadi pada jumlah diantara tingkat sedang dan tinggi (2.5%)
<i>High Likelihood</i>	8	Kegagalan terjadi pada jumlah tingkat tinggi (5%)
<i>Very High Likelihood</i>	9	Kegagalan terjadi pada jumlah tingkat sangat tinggi (12.5%)
<i>Extremely Likely</i>	10	Kegagalan sangat mungkin terjadi (50%)

Tabel 2.6. Skala Detection

Deteksi	Ranking	Kriteria (*p = probabilitas cacat)
<i>Extremely Likely</i>	1	Kontrol sangat mungkin dapat mendeteksi adanya cacat (p tidak dapat dihitung)
<i>Very High Likelihood</i>	2	Kontrol punya probabilitas sangat tinggi untuk mendeteksi cacat ($p \approx 0$)
<i>High Likelihood</i>	3	Punya efektivitas tinggi untuk mendeteksi ($0 < p \leq 0,01$)
<i>Moderately High Likelihood</i>	4	Mempunyai efektivitas lumayan tinggi untuk mendeteksi ($0,01 < p \leq 0,05$)
<i>Medium Likelihood</i>	5	Mempunyai efektivitas sedang untuk mendeteksi ($0,05 < p \leq 0,20$)
<i>Moderately Low Likelihood</i>	6	Mempunyai efektivitas lumayan rendah untuk mendeteksi ($0,20 < p \leq 0,50$)

<i>Low Likelihood</i>	7	Mempunyai efektivitas rendah untuk mendeteksi ($0,50 < p \leq 0,70$)
<i>Very Low Likelihood</i>	8	Mempunyai efektivitas terendah pada setiap kategori ($0,70 < p \leq 0,90$)
<i>Remote Likelihood</i>	9	Kontrol mempunyai probabilitas yang sangat rendah untuk mendeteksi adanya cacat ($0,90 < p \leq 0,95$)
<i>Extremely Unlikely</i>	10	Kontrol sangat mungkin tidak dapat mendeteksi adanya cacat ($p \approx 1$)

d. *Improve*

Pada fase ini dilakukan langkah perbaikan yang telah ditetapkan dari fase sebelumnya (*analyze*). Perbaikan yang dilakukan harus sesuai dengan hasil yang telah dikerjakan pada fase *analyze*. Setelah perbaikan dilakukan maka hasil perbaikan dapat dihitung melalui pengukuran dan analisis tindakan perbaikan yang dilakukan. Hasil perbaikan lalu akan dibandingkan dengan hasil sebelum. Untuk melihat apakah ada perbedaan antara hasil sebelum dan sesudah perbaikan digunakan uji hipotesis. Tools yang digunakan pada tahap ini adalah *worksheet*.

e. *Control*

Merupakan tahapan terakhir dalam *project six sigma*. Pada tahap ini peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktek-praktek terbaik yang sukses dalam meningkatkan proses distandarisasi dan disebarluaskan dan prosedur-prosedur didokumentasikan dan dijadikan pedoman standar. *Tools* yang digunakan pada tahap ini adalah instruksi kerja. *Tools* ini berguna untuk menjaga kinerja operator sesuai ketentuan perusahaan.