

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1. Pengertian Kualitas

Pengertian kualitas telah didefinisikan dengan cara yang berbeda oleh penulis yang berbeda-beda pula. *Quality Control* sendiri sudah diaplikasikan oleh berbagai bangsa sejak zaman Mesir kuno saat mereka membangun piramida yang sedemikian presisi sampai zaman modern di mana kualitas diterapkan dan diperhitungkan secara luas hampir di setiap bidang kehidupan. Kualitas tidak hanya diterapkan pada bidang industri untuk menciptakan produk bernilai ekonomi namun juga menyentuh produk non profit yang menjamin kenyamanan dan keamanan pemakainya.

Joseph M. Juran (1962) memberikan masukan cara berpikir universal mengenai kualitas yang dia sebut dengan *Quality Trilogy* yaitu *Quality Planning*, *Quality Control*, dan *Quality Improvement*. Kualitas didefinisikan sebagai "Kesesuaian suatu produk dengan kegunaannya".

Filosofi kualitas yang diterapkan W. Edwards Deming (Mitra, 1998) adalah kualitas yang berfokus dalam manajemen. Dalam pandangan Deming, pekerja, pihak manajemen, vendor, dan investor merupakan sebuah tim. Tanpa adanya komitmen manajemen yang kuat, penerapan maupun adopsi dari *total quality systems* tidak akan berhasil. Deming merumuskan 14 poin manajemen yang memberikan masukan yang penting terhadap sistem manajemen kualitas. Dengan kata lain, kualitas produk

menurut Deming adalah refleksi dari kualitas proses yang terjadi selama produk dibuat.

Philip B. Crosby (1979) merumuskan: "Kualitas adalah kesesuaian dengan permintaan". Permintaan di sini mengacu pada kebutuhan konsumen. Standar performansi Crosby yang mengacu pada *zero defect* menunjukkan bahwa kesesuaian terhadap permintaan harus dilakukan setiap saat.

Feigenbaum (1991) mendefinisikan kualitas sebagai "keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacturing,* dan *maintenance* di mana produk tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan".

Perpaduan filosofi kualitas ini percaya bahwa kualitas mengharapkan proses improvisasi yang terus menerus. Improvisasi dalam kualitas menuntut adanya sumber daya manusia yang mengerti dan berkompeten dalam aspek teknis kualitas (Mitra, 1998).

3.2. Quality Improvement

Pada saat ini banyak terdapat metode dan *tools* pendukung *Quality Improvement*. Berbagai hal tersebut digunakan sesuai dengan permasalahan. *Quality Improvement* tidak lepas dari *Quality Control*, sebagai acuan dalam melakukan perbaikan, yang berupa data-data atau perhitungan dan analisis mengenai suatu keadaan (cacat). Tindakan perbaikan pun setelahnya membutuhkan *Quality Control* untuk memastikan perbaikan mendapatkan hasil yang optimal.

Continuous Improvement adalah usaha untuk melakukan perbaikan produk, servis, atau proses

produksi. Perbaikan tersebut dilakukan dengan dasar meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam suatu produksi. Langkah *Continuous Improvement* dilakukan terus-menerus atau berulang-ulang, sehingga sekecil apapun perbaikan yang dilakukan tidak boleh diabaikan.

3.3. Six Sigma DMAIC

3.3.1 Sejarah Six Sigma

Six sigma di mulai oleh Motorola ditahun 1980-an dimotori oleh salah seorang engineer disana bernama Bill Smith atas dukungan penuh CEO-nya Bob Galvin. Motorola menggunakan *statistics tools* diramu dengan ilmu manajemen menggunakan *financial metrics* (yaitu *return on investment, ROI*) sebagai salah satu alat ukur dari *quality improvement process*.

Dalam perkembangannya, 6σ bukan hanya sebuah *metric*, namun telah berkembang menjadi sebuah metodologi dan bahkan strategi bisnis. Konsep ini kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Dr.Mike Harry dan Richard Schroeder yang lebih lanjut membuat metode ini mendapat sambutan luas dari petinggi Motorola dan perusahaan lain.

Dalam perjalanan waktu, *General Electric* (GE) mempopulerkan *Six Sigma* sebagai suatu trend dan membuat perusahaan lain serta orang berlomba-lomba mencari tahu apa itu *Six Sigma* serta mencoba mengimplementasikannya di tempat kerja masing-masing. Dalam hal ini, peran CEO (waktu itu) Jack Welch boleh dibilang sangat penting mengingat dia orang yang menjadikan *Six Sigma* sebagai tulang punggung semua proses GE (Manggala, 2003).

3.3.2 Pengertian *Six Sigma*

Six Sigma merupakan strategi bisnis yang berupaya mengidentifikasi dan menghilangkan penyebab-penyebab kesalahan atau produk cacat, atau kegagalan-kegagalan di dalam proses bisnis dengan berfokus pada keluaran yang kritis bagi pelanggan. *Six Sigma* juga merupakan suatu ukuran kualitas yang berupaya mengurangi cacat produk dengan menerapkan metode-metode statistik, dimana cacat di sini dimaksudkan sebagai hal apapun yang menyebabkan terjadinya ketidak-puasan pelanggan (Antony dan Snee, 2004, dalam Chodariyanti, 2009). Pada bagian lain, (Hensley dan Dobie, 2005, dalam Chodariyanti, 2009) menyatakan bahwa *Six Sigma* membantu memperbaiki proses bisnis dengan mengurangi pemborosan, dengan mengurangi biaya-biaya yang diakibatkan oleh rendahnya kualitas yang dihasilkan, dan dengan meningkatkan level efisiensi dan efektifitas dari proses tersebut. Fokus utama dari *Six Sigma* adalah upaya pengurangan potensi variabilitas dari proses dan produk yang ada dengan menggunakan metodologi perbaikan terus-menerus maupun pendekatan desain ulang yang dikenal sebagai *design for six sigma* (DFSS) (Banuelas dan Antony, 2004, dalam Chodariyanti, 2009).

Six Sigma merupakan konsep statistik yang mengukur suatu proses yang berkaitan dengan cacat atau kerusakan. Mencapai 6 (enam) *sigma* berarti bahwa suatu proses menghasilkan hanya 3,4 cacat per sejuta peluang. *Six Sigma* juga diartikan sebagai sistem dari manajemen yang berfokus untuk menghapus cacat dengan cara menekankan pemahaman, pengukuran, dan perbaikan proses (Gupta, 2005).

Perusahaan Motorola mendefinisikan *Six Sigma* sebagai suatu metode atau teknik pengendalian dan perbaikan kualitas secara dramatik yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas. (Gaspersz, 2001).

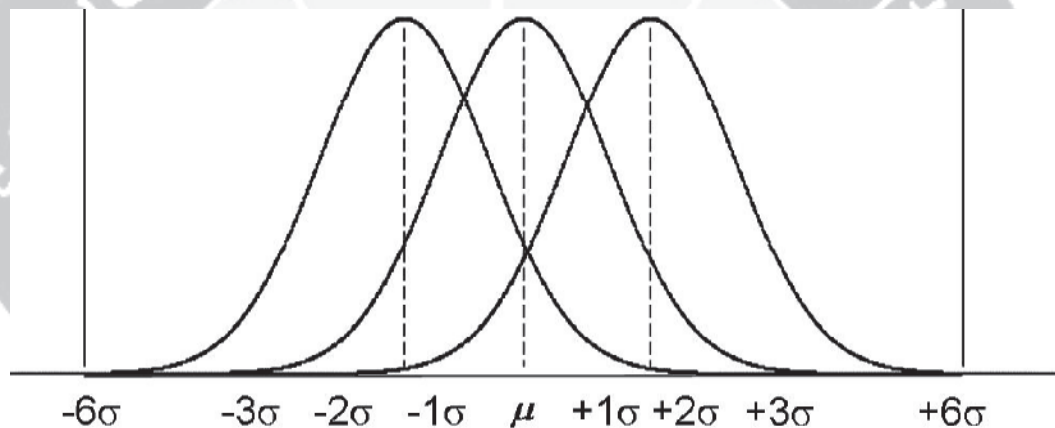
3.3.3 Konsep *Six Sigma*

Ide dasar dari prinsip-prinsip *Six Sigma* memang diambil dari 3 *sigma statistical quality control*, tetapi implementasinya berbeda sama sekali. *Six Sigma* lebih menekankan penggunaan DPMO (*defect per million opportunity*). DPMO lebih baik tidak diartikan sebagai angka yang menunjukkan berapa banyak cacat atau kegagalan yang terjadi tiap satu juta produksi, tetapi diinterpretasikan sebagai berikut: dalam satu unit produk tunggal terdapat kesempatan untuk gagal dari suatu karakteristik CTQ (*critical to quality*) adalah hanya 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan.

Pada dasarnya pelanggan akan puas apabila produk diproses pada tingkat kinerja kualitas *six sigma*, yaitu sebesar 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) atau bahwa 99,99966 persen dari apa yang diharapkan terdapat dalam produk itu. Dengan demikian *six sigma* dapat dijadikan ukuran target kinerja proses produksi tentang bagaimana baiknya suatu proses transaksi produk antara industri dan pelanggan. Semakin tinggi target *sigma* yang dicapai, semakin baik kinerja proses industri.

Pendekatan pengendalian proses *six sigma* mengizinkan adanya pergeseran nilai rata-rata (*mean*) setiap CTQ individual dari proses industri terhadap nilai spesifikasi target (T) sebesar $\pm 1,5$ *sigma*,

sehingga akan menghasilkan 3,4 DPMO. Nilai pergeseran 1,5 *sigma* ini diperoleh dari hasil penelitian Motorola atas proses dan sistem industri, dimana menurut hasil penelitian bahwa sebegus-bagusnya suatu proses industri (khususnya *mass production*) tidak akan 100 persen berada pada satu titik nilai target, tapi akan ada pergeseran rata-rata 1,5 *sigma* dari nilai tersebut. Adapun konsep dari *six sigma* dengan pergeseran 1,5 *sigma* disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 3.1. Kurva Normal 6 σ (Forrest, 2008)

Ada banyak kontroversi di sekitar penurunan angka *Six Sigma* menjadi 3.4 DPMO (*Defects Per Million Opportunities*). Namun bagi kita, yang penting intinya adalah *Six Sigma* sebagai metrics merupakan sebuah referensi untuk mencapai suatu keadaan yang nyaris bebas cacat. *Six Sigma* menekankan penghilangan kesalahan, meminimalisir *waste*, dan meminimalisir pengerjaan kembali barang yang cacat (*rework*). Dengan demikian, biaya yang semula digunakan untuk hal-hal tersebut dapat dikurangi sehingga keuntungan yang diperoleh perusahaan akan meningkat.

Sigma merupakan simbol dari standar deviasi yang lazim kita temui dalam ilmu matematika dan statistika. Dengan demikian, konsep ini mengukur besar penyimpangan yang terjadi dari proses yang dilakukan. Makin tinggi nilai sigma (makin rendah nilai DPMO) yang diperoleh maka makin baik proses yang dilakukan perusahaan. Pada Tabel 3.1. berisi perbandingan antara nilai DPMO dengan level *sigma* yang sudah diperlakukan *shift* $1,5\sigma$.

Tabel 3.1. Pencapaian Tingkat *Sigma* (Gaspersz,2001)

<i>Sigma Level</i>	DPMO	Keterangan
1σ	691.462	sangat tidak kompetitif
2σ	308.538	rata-rata industri di Indonesia
3σ	66.807	
4σ	6.210	rata-rata industri USA
5σ	233	rata-rata industri Jepang
6σ	3,4	industri kelas dunia

3.3.4 Metodologi *Six Sigma*

Secara umum *Six Sigma* memiliki metodologi yang sering digunakan, yaitu *Define-Measure-Analyze-Improve-Control* (Gupta, 2005).

- a. *Define*, yaitu langkah awal yang menjelaskan atau mendefinisikan permasalahan yang akan diteliti. Sumber permasalahan bisa berupa permintaan dari perusahaan (*by request*) atau berupa data-data yang ada atau yang dikumpulkan. Pada tahap ini menentukan jenis cacat (*defect*) yang paling berpengaruh.
- b. *Measure*, yaitu langkah pengukuran. Pengukuran dilakukan sebagai acuan untuk langkah analisis di tahap selanjutnya. Pengukuran dilakukan terhadap

data atas permasalahan yang dipilih pada tahap *Define*. Pengukuran yang dilakukan adalah kapabilitas proses (*yield*) dan level *sigma*. Langkah awal adalah menghitung DPU (total jumlah cacat yang dihasilkan selama proses dibagi jumlah total unit yang diproses). DPU digunakan untuk mencari DPMO dan *Yield*.

$$dpmo = \frac{dpu \cdot 1.000.000}{opportunity} \quad (1)$$

$$Y = e^{-(dpu)} \quad (2)$$

Nilai *Yield* tersebut digunakan untuk mencari nilai Z_{inv} yang merupakan invers dari *Yield*. Perhitungan menggunakan bantuan *Minitab*.

$$Z_{inv} = inv(Y) \quad (3)$$

Setelah mengetahui nilai Z_{inv} lalu menghitung nilai *sigma* dengan rumus sebagai berikut.

$$Z = Z_{inv} + 1,5\sigma \quad (4)$$

- c. *Analyze*, yaitu langkah analisis untuk mencari akar penyebab terjadinya cacat, dengan bantuan diagram sebab-akibat (*Fishbone Diagram*). Diagram tersebut dilakukan dengan cara *brainstorming* dengan pekerja, membangkitkan alternatif-alternatif penyebab, lalu kemudian menentukan akar penyebab yang dianggap paling berpengaruh atau yang dapat dilakukan perbaikan terlebih dahulu.
- d. *Improve*, adalah langkah melakukan tindakan atau usulan perbaikan terhadap permasalahan tersebut. Tujuan dari langkah ini adalah mengoptimalkan proses produksi, yang ditandai dengan menurunnya tingkat

terjadinya cacat produksi. Pada tahap ini tindakan perbaikan menggunakan *tools* yang sesuai.

- e. *Control*, yaitu tindakan untuk memastikan bahwa tindakan perbaikan yang dilakukan memperoleh hasil yang bagus atau tidak. Dengan *Quality Control* akan memberikan data-data baru, untuk kemudian dianalisis. Dengan demikian siklus DMAIC terus dilakukan dalam langkah *continuous improvement*.

3.3.5 Keunggulan Six Sigma

Terdapat beberapa alasan bahwa *Six Sigma* dipandang lebih baik dari pada program perbaikan kualitas sebelumnya (Antony, 2004, dalam Chodariyanti, 2009):

- a. Strategi *six sigma* memiliki fokus yang jelas pada upaya pencapaian pada lini dasar suatu organisasi yang terukur dan dapat dikuantifikasikan. Tidak ada satupun proyek *six sigma* yang disetujui tanpa mengidentifikasi dan mendefinisikan lini dasar.
- b. Strategi *six sigma* menekankan nilai penting dari kepemimpinan yang kuat dan dukungan yang diperlukan untuk kesuksesan penjabarannya, jauh melebihi penekanan yang diberikan oleh upaya perbaikan kualitas yang lain sebelumnya.
- c. Metodologi pemecahan masalah dari *six sigma* mengintegrasikan elemen manusia (perubahan budaya, fokus pada pelanggan, sarana dan prasarana *belt system*, dan lain-lain) serta elemen proses (manajemen proses, analisis statistik terhadap data proses, analisis sistem pengukuran, dan lain-lain).
- d. Metodologi *six sigma* menggunakan *tools* atau teknik pemecahan masalah di dalam proses penelitian secara

- berurutan dan teratur. Masing-masing *tools* di dalam metodologi *six sigma* memiliki suatu peranan yang harus dijalankan, maka ketepatan dari penggunaan *tools* membuat perbedaan sukses atau tidaknya proyek.
- e. *Six sigma* menciptakan suatu sarana dan prasarana dari *champion*, *master black belt*, *black belt*, *green belt* yang mengarahkan, menjabarkan, dan menerapkan pendekatan tersebut.
 - f. *Six sigma* menekankan nilai penting data dan proses pengambilan keputusan yang pelaksanaannya lebih didasarkan pada fakta dan data dari pada asumsi dan dugaan. *Six sigma* mendorong setiap orang untuk menempatkan pengukuran pada tempat yang semestinya.
 - g. *Six sigma* menggunakan konsep pemikiran statistik dan mendorong digunakannya *tools* dan teknik-teknik statistik untuk mengurangi cacat melalui metode pengurangan variabilitas proses, misalnya *statistical process control* (SPC) dan rancangan percobaan.

3.3.6. Istilah-Istilah Dalam *Six Sigma*

Dalam membahas metode *Six Sigma* perlu dipahami beberapa istilah yang berkaitan dengan metode tersebut:

a. *Variation* (Variasi)

Variasi merupakan apa yang pelanggan lihat dan rasakan dalam proses transaksi antara pemasok dan pelanggan tersebut. Dapat juga disebutkan bahwa variasi adalah penyimpangan atau perbedaan antara keinginan atau ekspektasi pelanggan dengan produk yang ada. Semakin kecil variasi akan semakin diharapkan baik oleh pemasok (perusahaan) maupun

oleh pelanggan karena menunjukkan konsistensi dalam kualitas. Terdapat dua sumber atau penyebab timbulnya variasi, yaitu (Gaspersz, 2001):

1. Penyebab umum (*common causes*) adalah faktor-faktor di dalam sistem atau yang melekat pada proses operasi yang menyebabkan timbulnya variasi dalam sistem serta hasil-hasilnya. Penyebab umum menimbulkan variasi acak (*random variation*) dalam batas-batas yang dapat diperkirakan dan sering disebut juga sebagai penyebab acak (*random causes*) atau penyebab sistem (*system causes*).

2. Penyebab khusus (*special causes*) adalah kejadian-kejadian di luar sistem yang mempengaruhi variasi dalam sistem. Penyebab khusus dapat bersumber dari faktor-faktor seperti: manusia, peralatan, material, lingkungan, metode kerja dan lain-lain. Penyebab khusus ini dapat diidentifikasi, sebab mereka tidak selalu aktif dalam proses tetapi memiliki pengaruh yang lebih kuat pada proses sehingga menimbulkan variasi.

b. *Defect* (cacat)

Ciri yang dapat diukur dari suatu proses atau ciri *output* yang tidak berada di dalam batas-batas yang dapat diterima pelanggan, yakni tidak sesuai dengan spesifikasinya (Gaspersz, 2001).

c. *Critical-to-Quality* (CTQ)

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 pada kepuasan pelanggan (Gaspersz, 2001).

d. *Defects Per Million Opportunities* (DPMO)

Ukuran kegagalan dalam *Six Sigma*, yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. Dari nilai *DPMO* ini bisa diketahui secara gambaran, atau dapat dikonversi kasar, dengan menggunakan tabel konversi *Yield-DPMO-Sigma*.

Tabel 3.2. Konversi *Yield-DPMO-Sigma* (Gaspersz, 2001)

Yield(%)	DPMO (unit)	Sigma (σ)	Yield(%)	DPMO (unit)	Sigma (σ)
99,99966	3,4	6,00	89,44	105.600	2,75
99,99833	16,7	5,75	84,13	158.700	2,50
99,997	30	5,50	77,34	226.600	2,25
99,987	130	5,25	69,15	308.500	2,00
99,977	230	5,00	59,87	401.300	1,75
99,94	600	4,75	50	500.000	1,50
99,87	1.300	4,50	40,13	598.750	1,25
99,7	3.000	4,25	30,85	691.500	1,00
99,38	6.200	4,00	22,66	773.400	0,75
98,78	12.200	3,75	15,87	841.300	0,50
97,73	22.700	3,50	10,56	894.400	0,25
95,99	40.100	3,25	6,68	933.200	0
93,32	66.800	3,00			

Target dari *Six Sigma* adalah 3,4 DPMO, dan seharusnya tidak diinterpretasikan sebagai 3,4 unit output yang cacat dari sejuta unit output yang diproduksi, akan tetapi diinterpretasikan sebagai berikut: dalam satu unit produk tunggal terdapat rata-rata kesempatan untuk gagal dari suatu karakteristik CTQ (*critical-to-quality*) adalah hanya 3,4 bagian dari satu juta kesempatan (DPMO) (Gaspersz, 2001).

3.4. Six Sigma Tools

3.4.1. Pemetaan Proses

Peta proses merupakan gambaran grafik dari suatu proses, menunjukkan urutan tugas menggunakan versi yang dimodifikasi dari simbol bagan aliran (*flowchart*) standar. Peta proses pekerjaan adalah gambaran dari bagaimana orang melakukan pekerjaan mereka. Peta proses pekerjaan serupa dengan peta jalan, didalamnya ada banyak alternatif rute untuk mencapai tujuan. Langkah-langkah proses mapping adalah sebagai berikut:

1. Memilih satu proses yang akan dipetakan
2. Mendefinisikan proses
3. Memetakan proses utama
4. Memetakan jalur alternatif
5. Memetakan titik pemeriksaan
6. Menggunakan peta untuk meningkatkan proses

Pemetaan proses tersebut dalam organisasi modern terbagi di antara banyak departemen yang berbeda. Suatu peta proses menyediakan gambaran terpadu dari proses alami (Pyzdek, 2002).

3.4.2 Lembar Pemeriksaan

Lembar pemeriksaan (*check sheet*) adalah alat yang terdiri dari daftar *item* dan beberapa indikator dari seberapa sering setiap *item* pada daftar tersebut terjadi. Dalam bentuk yang paling sederhana, daftar pemeriksaan adalah alat-alat yang membuat proses pengumpulan data lebih mudah dengan menyediakan penjelasan rinci dari kejadian yang mungkin terjadi.

Walaupun sederhana, lembaran pemeriksaan adalah alat perbaikan proses dan alat pemecahan masalah yang

sangat berguna. Kekuatan mereka ditingkatkan dengan besar saat digunakan berhubungan dengan alat sederhana lainnya, seperti analisis histogram dan analisis Pareto (Pyzdek, 2002).

Jenis-jenis lembar pemeriksaan adalah:

1. *Process Check Sheet*

Digunakan untuk membuat lembar distribusi frekuensi dengan mendaftar beberapa kisaran (*range*) nilai pengukuran dan membuat tanda pada observasi aktual pada lembar khusus.

2. *Defect Check Sheet*

Yang dicatat disini adalah jenis-jenis cacat, serupa dengan grafik batang. Pada *check sheet* ini hanya membuat daftar jenis cacat yang terjadi dengan cara pengamatan.

3. *Stratified Check Sheet*

Mencatat cacat tertentu menurut kriteria logika, membantu bila *defect check sheet* gagal memberikan informasi mengenai akar penyebab suatu masalah. Pengelompokan juga dapat digunakan dalam menyusun *check sheet* berdasarkan mesin atau proses tertentu.

4. *Defect Location Check Sheet*

Check sheet ini berupa gambar, foto, layout diagram atau peta yang menunjukkan masalah-masalah tertentu. Dengan ini mempermudah untuk identifikasi bagian mana yang menjadi pokok suatu permasalahan yang tidak bisa dijelaskan oleh *check sheet* lainnya.

5. *Cause and Effect Diagram Check Sheet*

Juga bisa dibuat sebagai *check sheet*. Setelah diagram disiapkan, tandai bagian tertentu dan hubungkan dengan tanda panah bila sesuatu terjadi

pada bagian tersebut. Pendekatan ini bisa digunakan untuk data historis bila data tersedia.

3.4.3. Analisis Pareto

Analisis pareto adalah proses dalam membuat peringkat kesempatan untuk menentukan yang mana dari kesempatan potensial yang banyak harus dikejar lebih dulu. Analisis pareto lebih baik digunakan pada berbagai tahap dalam suatu program peningkatan kualitas untuk menentukan langkah mana yang diambil berikutnya (Pyzdek, 2002).

Tujuan diagram Pareto adalah membuat peringkat masalah-masalah yang potensial untuk diselesaikan. Diagram digunakan untuk menentukan langkah yang harus diambil sebagai upaya menyelesaikan masalah. Pada sumbu horizontal adalah variabel bersifat kualitatif yang menunjukkan jenis cacat, sedangkan pada sumbu vertikal adalah jumlah cacat dan persentase cacat. Dalam diagram Pareto, jumlah atau persentase jenis cacat diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil.

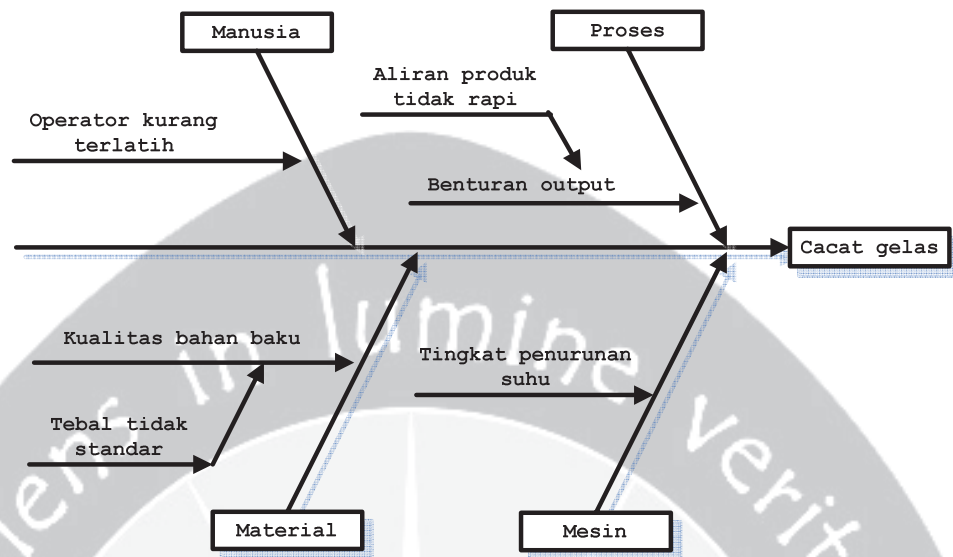
3.4.4. Diagram Sebab Akibat

Tujuan secara keseluruhan dari suatu kegiatan pengendalian kualitas adalah untuk meningkatkan kualitas itu sendiri, ini berarti bahwa penyebab rendahnya kualitas tersebut harus segera diidentifikasi dan diperbaiki. Sebuah *tool* yang sangat berguna untuk dapat mengidentifikasi, memaparkan, dan memperbaiki penyebab kecacatan yang mungkin dari berbagai observasi yang dilakukan adalah diagram sebab akibat.

Tool ini juga sering disebut sebagai diagram Ishikawa, karena ditemukan oleh Dr. Kaoru Ishikawa dari Universitas Tokyo pada tahun 1943. Nama lain dari diagram ini adalah diagram tulang ikan yang merujuk pada bentuk struktur yang ditampilkan. Adapun secara umum, langkah-langkah yang diperlukan untuk membuat diagram sebab akibat, sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi karakteristik kualitas atau ukuran performansi untuk hubungan sebab dan akibat.
- b. Gunakan brainstorming yang terstruktur dan orang-orang yang berpengalaman dan berpengetahuan luas untuk menentukan variabel kelas umum yang menyebabkan kasus tersebut terjadi (mengidentifikasi tulang besar).
- c. Cari lebih lanjut faktor yang lebih terperinci dari variabel kelas umum yang telah diidentifikasi tersebut (mengidentifikasi tulang kecil).

Data di atas kemudian digambar menjadi diagram sebab akibat yang selanjutnya mencari penyebab-penyebab utama dari setiap tulang kecil yang sudah teridentifikasi. Contoh bentuk umum diagram sebab akibat ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 3.2. Bentuk umum diagram sebab akibat


3.5. TRIZ

TRIZ adalah sebuah akronim berbahasa Rusia yaitu *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadach* yang dalam bahasa Inggris berarti *Theory of Inventive Problem Solving* atau dalam bahasa Indonesia berarti Teori pemecahan masalah berdaya cipta. Menurut Rantanen dan Domb (2002) TRIZ merupakan kombinasi dari beberapa disiplin ilmu pengetahuan yaitu ilmu pengetahuan yang mempelajari alam (biologi, fisika, kimia, dll), ilmu pengetahuan yang mempelajari kebiasaan dan kehidupan manusia dalam bermasyarakat (psikologi dan sosiologi), ilmu pengetahuan yang mempelajari objek buatan (teknik rekayasa, desain, root cause, dan sebagainya). TRIZ dapat juga diartikan pendekatan sistematis untuk memecahkan berbagai macam permasalahan secara kreatif. TRIZ merupakan *tool* yang membantu menyelesaikan permasalahan dengan dasar berbagai macam pengalaman terdahulu dalam hal menghilangkan kontradiksi.

Penemu TRIZ adalah Genrikh Altshuller pada tahun 1946. Beliau mempelajari database paten, mencari prinsip penemuan, dan dikembangkan dari dasar ke atas, perlakuan tahap demi tahap suatu pandangan baru dari teknologi dan sebuah metodologi untuk menyelesaikan permasalahan dalam bidang teknologi. Hasil penelitian tersebut dipetakan, dan didapatkan sebuah sistem matriks yang terdiri dari 39 parameter dan 40 prinsip. Prinsip-prinsip tersebut didapatkan setelah mengetahui parameter yang ingin dibandingkan, satu berupa parameter yang ingin diperbaiki dan satu parameter yang menjadi kendala.

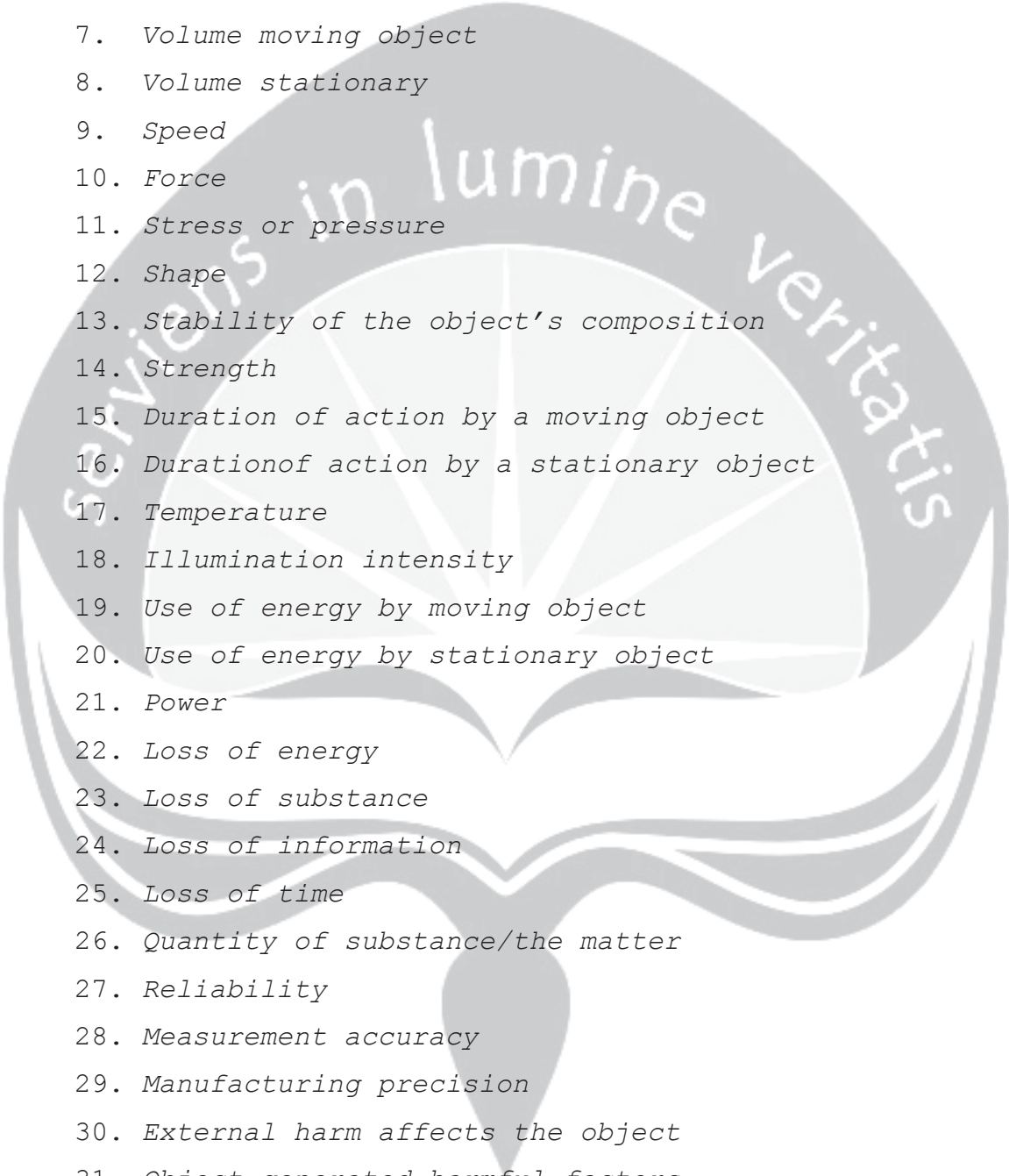
Ke-40 prinsip tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Segmentation (fragmentation)*
2. *Separation*
3. *Local quality*
4. *Symmetry change (asymmetry)*
5. *Merging (consolidation)*
6. *Multifunctionality (universality)*
7. *"Nested doll" (nesting)*
8. *Weight compensation (anti-weight, counterweight)*
9. *Preliminary counteraction (preliminary anti-action, prior counteraction)*
10. *Preliminary action (prior action, do it in advance)*
11. *Beforehand compensation (beforehand cushioning, cushion in advance)*
12. *Equipotentially (bring things to the same level)*
13. *"The other way around" (do it reverse, do it inversely)*
14. *Curvature increase (spheroidality, spheroidality-curvature)*

- 
15. *Dynamic parts (dynamicity, dynamization, dynamics)*
 16. *Partial or excessive action (do a little less)*
 17. *Dimensionality change (another dimension)*
 18. *Mechanical vibration*
 19. *Periodic action*
 20. *Continuity of useful action*
 21. *Hurrying (skipping, rushing through)*
 22. *"Blessing in disguise" (convert harm into benefit)*
 23. *Feedback*
 24. *Intermediary (mediator)*
 25. *Self-service*
 26. *Copying*
 27. *Cheap disposables*
 28. *Mechanical interaction substitution (use of field)*
 29. *Pneumatics and hydraulics*
 30. *Flexible shells and thin films*
 31. *Porous materials*
 32. *Optical property changes (changing the color)*
 33. *Homogeneity*
 34. *Discarding and recovering*
 35. *Parameter changing (transformation of properties)*
 36. *Phase transitions*
 37. *Thermal expansion*
 38. *Strong oxidants (accelerated oxidation)*
 39. *Inert atmosphere (inert environment)*
 40. *Composite materials*

Berikut adalah 39 parameter standar yang telah ditetapkan oleh Altshuller dan tim:

1. *Weight of moving object*
2. *Weight of stationary object*
3. *Length of moving object*

- 
4. *Length of stationary object*
 5. *Area moving object*
 6. *Area stationary*
 7. *Volume moving object*
 8. *Volume stationary*
 9. *Speed*
 10. *Force*
 11. *Stress or pressure*
 12. *Shape*
 13. *Stability of the object's composition*
 14. *Strength*
 15. *Duration of action by a moving object*
 16. *Duration of action by a stationary object*
 17. *Temperature*
 18. *Illumination intensity*
 19. *Use of energy by moving object*
 20. *Use of energy by stationary object*
 21. *Power*
 22. *Loss of energy*
 23. *Loss of substance*
 24. *Loss of information*
 25. *Loss of time*
 26. *Quantity of substance/the matter*
 27. *Reliability*
 28. *Measurement accuracy*
 29. *Manufacturing precision*
 30. *External harm affects the object*
 31. *Object-generated harmful factors*
 32. *Ease of manufacture*
 33. *Ease of operation*
 34. *Ease of repair*

- 35. *Adaptability or versatility*
- 36. *Device complexity*
- 37. *Difficulty of detecting and measuring*
- 38. *Extent of automation*
- 39. *Productivity*

Parameter-parameter tersebut saling dibandingkan sehingga membentuk Matriks TRIZ. Cara menggunakan Matriks tersebut cukup mudah, yaitu dengan membandingkan parameter yang ingin diperbaiki (bagian kiri) dengan parameter yang menjadi kontradiksi (bagian atas). Persilangan antara kedua parameter tersebut terdapat angka-angka yang merupakan angka dari 40 prinsip yang telah dijelaskan.

Angka dalam persilangan matriks tersebut diurutkan berdasarkan prioritas tertinggi dalam menentukan usulan. Dapat dilihat bahwa terdapat beberapa matriks yang tidak memiliki nilai, karena kedua parameter tersebut tidak memiliki hubungan kontradiksi.

Tabel 3.3. Contoh Matriks TRIZ (Rantanen dan Domb, 2002)

Parameter	1	2	3	4	5
1	∞	∞	15, 8, 29, 34	∞	29, 17 38, 34
2	∞	∞	∞	10, 1 29, 35	∞
3	8, 15 29, 34	∞	∞	∞	15, 17 4
4	∞	35, 28 40, 29	∞	∞	∞
5	2, 17 29, 4	∞	14, 15 18, 4	∞	∞

Model TRIZ menggunakan 5 konsep *inventive*, yaitu (Rantanen dan Domb, 2002):

1. Kontradiksi, menyelesaikan sebuah masalah berarti membuang kontradiksi.
2. Sumber daya, sumber daya tersedia yang tidak dipakai, energi, sifat atau benda lain dalam atau di dekat sistem dapat digunakan untuk menyelesaikan kontradiksi.
3. Hasil akhir ideal, dicapai pada saat kontradiksi diselesaikan.
4. Pola evolusi, dapat digunakan untuk mendapatkan ide baru dan memprediksi sistem.
5. Prinsip-prinsip inovatif, memberikan isyarat konkrit bagi solusi.

Altshuller dan tim saat menyusun teori ini, menekankan prinsip bahwa permasalahan yang kita hadapi saat ini, telah ada yang menyelesaikannya terlebih dulu walau dalam bidang yang berbeda.