

BAB II

TINJUAN 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. Definisi Kualitas

Meskipun tidak ada definisi kualitas yang bisa diterima secara universal, dari definisi- definisi yang ada terdapat beberapa kesamaan yaitu dalam elemen-elemen yaitu:

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

Dengan berdasarkan elemen-elemen tersebut, Goetsch dan Davis (1994) membuat definisi mengenai kualitas yang lebih luas cakupannya. Definisi tersebut adalah “Kualitas merupakan suatu kondisi dinamis yang berhubungan dengan produk, jasa, manusia, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan”.

2.1.1 Perspektif Kualitas

David Garvin (1994) mengidentifikasi adanya lima alternatif perspektif kualitas yang biasa digunakan, yaitu :

1. Transcendental Approach

Kualitas dalam pendekatan ini dapat dirasakan atau diketahui, tetapi sulit untuk didefinisikan dan dioperasionalkan. Selain itu perusahaan dapat mempromosikan produk-produknya, dengan demikian fungsi perencanaan, produksi, dan pelayanan suatu perusahaan sulit menggunakan definisi seperti ini sebagai dasar manajemen kualitas.

2. Product-Based Approach

Pendekatan ini menganggap kualitas sebagai karakteristik atau atribut yang dapat di kuantifikasikan dan dapat diukur. Perbedaan dalam kualitas mencerminkan perbedaan dalam jumlah beberapa unsur atau atribut yang dimiliki produk. Karena pandangan ini sangat objektif, maka tidak dapat menjelaskan dalam selera, kebutuhan dan preferensi individual.

3. User-Based Approach

Pendekatan ini didasarkan kepada pemikiran bahwa kualitas tergantung kepada orang yang memandangnya, dan produk yang paling memuaskan preferensi seseorang merupakan produk yang berkualitas tinggi. Perspektif yang subjektif dan demand oriented ini juga menyatakan bahwa pelanggan yang berbeda memiliki keinginan dan kebutuhan yang berbeda pula, sehingga kualitas bagi seseorang adalah sama dengan kepuasan maksimal yang dirasakan.

4. Manufacturing-Based Approach

Perspektif ini bersifat supply-based dan terutama memperhatikan praktik- praktik perkerjasama dan pemanufakturan, serta mendefinisikan kualitas sebagai sama dengan persyaratannya (conformance to requirements). Dalam sektor jasa, dapat dikatakan bahwa kualitasnya bersifat operations-driven. Pendekatan ini berfokus kepada penyesuaian spesifikasi yang dikembangkan secara internal, yang sering kali didorong oleh tujuan peningkatan produktivitas dan penekanan biaya. Jadi yang menentukan kualitas adalah standar-standar yang ditetapkan oleh perusahaan, bukan konsumen yang menggunakannya.

5. Value-Based Approach

Pendekatan ini memandang kualitas dari segi nilai dan harga. Dengan memperhatikan trade off antara kinerja dan harga, kualitas didefinisikan sebagai “affordable excellent”. Kualitas dalam perspektif ini bersifat relatif, sehingga produk yang paling memiliki kualitas paling tinggi belum tentu

produk yang paling bernilai. Akan tetapi yang paling bernilai adalah produk atau jasa yang paling tepat dibeli (best buy).

2.1.2 Pengendalian Kualitas

Dr. Juran (1962) mendukung pendelegasian pengendalian kualitas kepada tingkat paling bawah dalam organisasi melalui penempatan karyawan ke dalam swakendali (self-control). Pengendalian kualitas melibatkan beberapa aktivitas yaitu :

1. Mengevaluasi kerja aktual (actual performace)
2. Membandingkan aktual dengan target / sasaran
3. Mengambil tindakan atas perbedaan antara aktual dan target.

Pada dasarnya performansi kualitas dapat ditentukan dan diukur berdasarkan karakteristik kualitas terdiri dari beberapa sifat atau dimensi yaitu :

1. Fisik seperti panjang, berat, diameter, tegangan, kekentalan.
2. Sensoris (berkaitan dengan panca indera) seperti rasa, penampilan, warna dan bentuk.
3. Orientasi waktu seperti keandalan, kemampuan pelayanan, kemudahan pemeliharaan, ketepatan waktu penyerahan produk.
4. Orientasi biaya seperti berkaitan dengan dimensi biaya yang menggambarkan harga atau ongkos dari suatu produk yang harus dibayarkan oleh konsumen.

Pada dasarnya suatu pengukuran performansi kualitas dapat dilakukan pada tiga tingkat yaitu tingkat proses, tingkat output dan tingkat outcome. Pengendalian proses statistika dapat diterapkan pada tingkat pengukuran performansi kualitas. Bagaimanapun, pengukuran performansi kualitas yang akan dilakukan seharusnya mempertimbangkan setiap aspek dari proses operasional yang mempengaruhi persepsi pelanggan tentang nilai kualitas. Perlu dicatat pula bahwa informasi tentang kebutuhan pelanggan yang diperoleh melalui riset pasar harus didefinisikan dalam bentuk yang tepat dan pasti melalui atribut-atribut dan variable-variabel. Selanjutnya atribut-

atribut dan variable-variabel dari produk inilah yang kemudian merupakan basis dari pengendalian proses statistika.

Adapun yang menjadi pertimbangan dalam pengukuran performansi kualitas adalah :

1. Performansi (*performance*), berkaitan dengan aspek fungsional dari produk itu.
2. *Features*, berkaitan dengan pilihan-pilihan dan pengembangannya.
3. Keandalan, berkaitan dengan tingkat kegagalan dalam penggunaan produk itu.
4. *Serviceability*, berkaitan dengan kemudahan dan ongkos perbaikan.
5. Konformansi, berkaitan dengan tingkat kesesuaian produk terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan keinginan pelanggan.
6. *Durability*, berkaitan dengan daya tahan atau masa pakai dari produk.
7. Estetika, berkaitan dengan desain dan kemasan dari produk itu.
8. Kualitas yang dirasakan bersifat subjektif, berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengonsumsi produk itu seperti meningkatkan gengsi, moral dan lain-lain.

2.2. Six Sigma

Motorola mempelajari mengenai kualitas dengan cara yang sulit. Secara terus menerus dikalahkan dipasar yang kompetitif. Di akhir tahun 1970-an dan awal tahun 1980-an perusahaan menanggapi tekanan yang kompetitif. Motorola saat itu, Bob Galvin, memulai perusahaan pada jalur kualitas dan menjadi tokoh bisnis sebagian besar karena hasil yang dia capai dalam kualitas di Motorola. Banyak ahli manajemen kualitas menyatakan bahwa metode kualitas *Six Sigma* Motorola dikembangkan dan diterima secara luas oleh dunia industri, karena manajemen industri frustrasi terhadap sistem manajemen kualitas yang ada, yang tidak mampu melakukan peningkatan kualitas secara dramatik menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*). Setelah Motorola memenangi penghargaan MBNQA (*the Malcolm Baldrige National Quality Award*) pada tahun 1988, rahasia kesuksesan mereka

menjadi pengetahuan publik, dan pada sejak saat itu program *Six Sigma* yang diterapkan oleh Motorola menjadi sangat terkenal di Amerika Serikat.

2.2.1. Definisi *Six Sigma*

Six Sigma merupakan suatu proses disiplin ilmu yang membantu kita mengembangkan dan menghantarkan produk mendekati sempurna. *Six Sigma* bukan semata-mata merupakan inisiatif kualitas. *Six Sigma* merupakan inisiatif bisnis untuk mendapatkan dan menghilangkan penyebab kesalahan atau cacat pada *output* proses bisnis yang penting di mata pelanggan.

Definisi lain dari *Six Sigma* adalah tujuan yang hampir sempurna dalam memenuhi persyaratan pelanggan. Pada dasarnya, definisi itu juga akurat karena istilah ” *Six Sigma* ” sendiri merujuk kepada target kinerja operasi yang diukur secara statistik dengan hanya 3,4 cacat (*defect*) untuk setiap juta aktivitas atau peluang. Hanya segelintir perusahaan atau yang dapat mengklaim telah meraih tujuan tersebut. Manfaat *Six Sigma* mencakup :

1. Pengurangan biaya
2. Peningkatan produktivitas
3. Pertumbuhan pangsa pasar
4. Retensi pelanggan
5. Pengurangan waktu siklus
6. Pengurangan *defect* (cacat)
7. Pengembangan produk/jasa

2.2.2. Konsep *Six Sigma* Motorola

Pada dasarnya pelanggan akan puas apabila mereka menerima nilai sebagaimana yang mereka harapkan. Apabila produk (barang dan/atau jasa) diproses pada tingkat kualitas *Six Sigma*, perusahaan boleh mengharapkan 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) atau mengharapkan bahwa 99,99966 persen dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada dalam produk itu. Dengan demikian *Six Sigma* dapat dijadikan ukuran target kinerja sistem industri tentang bagaimana baiknya suatu proses transaksi produk antara pemasok (industri) dan pelanggan (pasar). Semakin tinggi target sigma yang dicapai,

kinerja sistem industri akan semakin baik. Sehingga 6-sigma otomatis lebih baik daripada 5-sigma, 4-sigma lebih baik dari 3-sigma. *Six Sigma* juga dapat dianggap sebagai strategi terobosan yang memungkinkan perusahaan melakukan peningkatan luar biasa (*dramatic*) di tingkat bawah. *Six Sigma* juga dapat dipandang sebagai pengendalian proses industri berfokus pada pelanggan, melalui penekanan pada kemampuan proses (*process capability*).

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

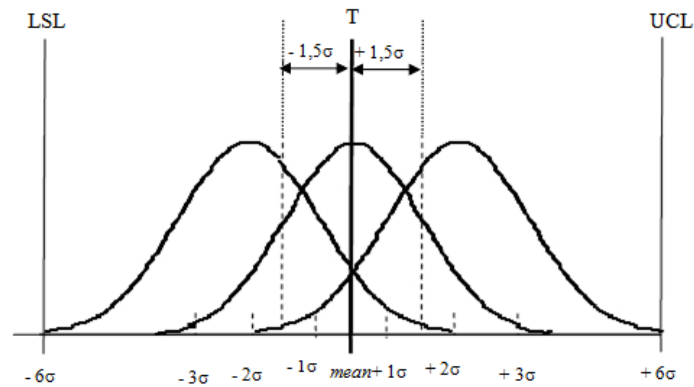
1. Identifikasi pelanggan.
2. Identifikasi produk.
3. Identifikasi kebutuhan dalam memproduksi produk untuk pelanggan.
4. Definisi proses.
5. Menghindari kesalahan dalam proses dan menghilangkan semua pemborosan yang ada.
6. Tingkatkan proses secara terus menerus menuju target *Six Sigma*.

Apabila konsep Six Sigma akan ditetapkan dalam bidang manufakturing, terdapat enam aspek yang perlu diperhatikan yaitu:

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

Pendekatan pengendalian proses 6-sigma Motorola (Motorola's Six Sigma process control) 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 (defects per million opportunities). Dengan demikian berdasarkan konsep Six Sigma Motorola, berlaku toleransi penyimpangan (mean - target) = $(\mu - T) = \pm 1,5\sigma$, atau $\mu = T \pm 1,5\sigma$.

Proses Six Sigma dengan distribusi normal yang mengizinkan nilai rata-rata (mean) proses bergeser $1,5\sigma$ dari nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 2.1. Konsep *Six Sigma* Motorola dengan Distribusi Normal Bergeser 1,5 - Sigma

Sumber : Vincent Gaspersz, 2002

Perlu dicatat dan dipahami sejak awal bahwa konsep Six Sigma Motorola dengan pergeseran nilai rata-rata (mean) dari proses yang diizinkan sebesar $1,5\sigma$ ($1,5$ standar deviasi maksimal) adalah berbeda dari konsep Six Sigma dalam distribusi normal yang umum dipahami selama ini yang tidak mengizinkan pergeseran dalam nilai rata-rata (mean) dari proses. Perbedaan ini ditunjukkan dalam Tabel 2.1

<i>True 6-Sigma Process (Normal Distribution Centered)</i>			<i>Motorola's 6-Sigma Process (Normal Distribution Shifted 1,5-Sigma)</i>		
LSL – USL	LSL – USL	DPMO	LSL – USL	LSL – USL	DPMO
± 1-sigma	68,27%	317.300	± 1-sigma	30,8538%	691.462
± 2-sigma	95,45%	45.500	± 2-sigma	69,1462%	308.538
± 3-sigma	99,73%	2.700	± 3-sigma	93,3193%	66.807
± 4-sigma	99,9937%	63	± 4-sigma	99,3790%	6.210
± 5-sigma	99,999943%	0,57	± 5-sigma	99,9767%	233
± 6-sigma	99,9999998%	0,002	± 6-sigma	99,99966%	3,4

Sumber : Vincent Gaspersz, 2002

Tabel 2.1 Perbedaan True 6-Sigma dengan Motorola's 6-Sigma

2.2.3. Metode Six Sigma

Proyek peningkatan kualitas Six Sigma digunakan untuk proses-proses inti dalam organisasi yang ingin ditingkatkan kinerjanya serta pelaksanaannya tergantung pada kebutuhan dari organisasi itu. Biasanya masa kerja (lama) proyek Six Sigma membutuhkan waktu sekitar 1-2 tahun, tergantung ruang lingkup dan ukuran organisasi. Dengan demikian, suatu proyek dibidang tertentu dapat saja berakhir, kemudian dilanjutkan dengan proyek pada bidang yang lain, sedangkan program peningkatan kualitas Six Sigma tidak pernah berakhir (never-ending improvement).

Menurut Pande dan Holpp (2005), tahap-tahap implementasi peningkatan kualitas Six Sigma terdiri dari lima langkah yaitu menggunakan metode DMAIC atau Define, Measure, Analyse, Improve, and Control. Dimana DMAIC merupakan proses untuk peningkatan terus menerus menuju target Six Sigma. DMAIC dilakukan secara sistematis berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta (systematic, scientific and fact based). 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. DMAIC sering disebut dengan istilah “Dub May Ick”.

1. Define

Define adalah penetapan sasaran dari aktivitas peningkatan kualitas Six Sigma. Tahap ini untuk mendefinisikan rencana-rencana tindakan yang harus dilakukan untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap

Pande, S Peter.2000. *The Six Sigma Way, Bagaimana GE, Motorola dan Perusahaan Terkenal lainnya Mengasah Kinerja Mereka*. Yogyakarta:penerbit ANDI Yogyakarta

proses bisnis kunci (Gaspersz, 2005). Termasuk dalam langkah definisi ini adalah menetapkan sasaran dari aktivitas peningkatan kualitas *Six Sigma* tersebut. Pada tahap ini perlu didefinisikan beberapa hal yang terkait dengan:

- a. Kriteria pemilihan proyek *Six Sigma*.
- b. Peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang terlibat dalam proyek *Six Sigma*.
- c. Kebutuhan pelatihan untuk orang-orang yang terlibat dalam proyek *Six Sigma*.
- d. Proses-proses kunci dalam proyek *Six Sigma* beserta pelanggannya.
- e. Kebutuhan spesifik dari pelanggan.
- f. Pernyataan tujuan proyek *Six Sigma*.

2. *Measure*

Measure atau pengukuran merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Tahap ini merupakan salah satu pembeda antara *Six Sigma* dengan metode pengendalian kualitas lainnya. Pengukuran dilakukan untuk menilai kondisi proses yang ada. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap ini, yaitu:

- a. Memilih atau menentukan karakteristik kualitas kunci atau CTQ (Critical To Quality) yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik pelanggan.
- b. Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, output, atau outcome.
- c. Mengukur kinerja sekarang (current performance) pada tingkat proses, output, atau outcome untuk ditetapkan sebagai baseline kinerja pada awal proyek *Six Sigma*.

3. Analyze

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

- a. Menentukan stabilitas (stability) dan kapabilitas/kemampuan (capability) dari proses.
- b. Menetapkan target kinerja dari karakteristik kualitas kunci CTQ yang akan ditingkatkan pada proyek Six Sigma.
- c. Mengidentifikasi sumber sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan.
- d. Mengkonversi banyak kegagalan ke dalam biaya kegagalan kualitas (cost of poor quality).

4. Improve

Pada tahap ini dilakukan penetapan rencana tindakan (action plan) untuk melaksanakan peningkatan kualitas Six Sigma. Pengembangan rencana tindakan merupakan salah satu aktivitas yang penting dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Rencana tersebut mendeskripsikan tentang alokasi sumber daya serta prioritas atau alternatif yang dilakukan.

5. Control

Control merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas Six sigma. Pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktek-praktek terbaik yang sukses dalam peningkatan proses distandarisasikan dan disebarluaskan, prosedur- prosedur didokumentasikan dan dijadikan sebagai pedoman kerja standar, serta kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer dari tim Six Sigma kepada pemilik atau penanggung jawab proses, yang berarti proyek Six Sigma berakhir pada tahap ini.

2.2.4. Implementasi Six Sigma

Penting untuk mengembangkan strategi serta rencana sendiri untuk meluncurkan dan mengintegrasikan *Six Sigma*. Lima langkah dasar yaitu:

1. Mengidentifikasi proses-proses inti dan para pelanggan kunci.
2. Menentukan persyaratan pelanggan.
3. Mengukur kinerja saat ini.
4. Memprioritaskan, menganalisa dan mengimplementasi perbaikan.
5. Mengelola proses-proses untuk kinerja *Six Sigma*.

2.3 Critical to Quality (CTQ)

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

2.4 Penentuan DPMO dan Tingkat Sigma Proses

DPMO merupakan ukuran kegagalan dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*, yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. Target dari pengendalian kualitas *Six Sigma* Motorola sebesar 3,4 DPMO diinterpretasikan sebagai dalam suatu unit produk tunggal terdapat rata-rata kesempatan untuk gagal dari suatu karakteristik CTQ adalah hanya 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan. Besarnya kegagalan per satu juta kesempatan (DPMO) dihitung berdasarkan persamaan yaitu :

$$\text{DPMO} = \frac{\text{Number of Defect}}{\text{Number of Units} \times \text{Number of opportunities}} \times 1,000,000$$

Dimana CTQ = Jumlah jenis kecacatan

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

Nilai Sigma = NORMSINV((1000000-CELL)/1000000)+1,5

2.5 Uji Data dengan Diagram NP

Diagram np adalah jenis diagram kontrol yang digunakan di dunia industri atau bisnis untuk memonitor proporsi dari ketidaksesuaian dalam sebuah sampel. Seperti halnya diagram p, diagram np juga hanya mengakomodir inspeksi dengan dua keputusan, "OK / Gagal", "Bagus / Jelek". Yang membedakan dengan diagram p adalah, diagram np tidak menghitung proporsi ketidaksesuaian tersebut.

Dasar untuk menggunakan diagram np adalah, bahwa data berasal dari distribusi binomial dengan asumsi bahwa:

- Jumlah sampel konstan untuk setiap unit.
- Tiap-tiap unit tidak memiliki ketergantungan dengan unit sebelum dan sesudahnya.
- Setiap unit di inspeksi dengan cara yang sama.

Batas kontrol atas dihitung dengan rumus:

$$n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

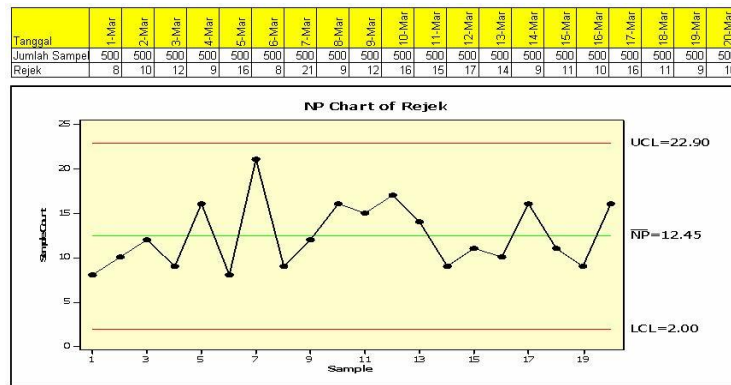
Batas kontrol bawah dihitung dengan rumus:

$$n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

Dimana n adalah jumlah sampel dan p adalah estimasi rata-rata proporsi jangka panjang yang dihitung dengan rumus:

$$\bar{p} = \frac{\sum x_i}{\sum n_i}$$

Jika nilai batas kontrol bawah lebih kecil atau sama dengan nol maka batas kontrol bawah di anggap nol.



Sumber : <https://id.wikipedia.org>

Gambar 2.3 Contoh NP Chart

2.6 Seven tools

Seven tools, merupakan salah satu alat statistik untuk mencari akar permasalahan kalitas, sehingga manajemen kualitas dapat menggunakan *seven tools* tersebut untuk mengetahui akar permasalahan terhadap produk yang mengalami cacat, serta dapat mengetahui penyebab-penyebab terjadinya cacat.

2.6.1 Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat adalah suatu diagram yang menunjukkan hubungan antara sebab dan akibat. Diagram ini digunakan untuk menganalisis persoalan dan faktor yang menimbulkan persoalan tersebut. Dengan demikian, diagram tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan sebab-sebab suatu persoalan. Berkaitan dengan proses statistikal, diagram sebab akibat dipergunakan untuk menunjukkan faktor-faktor penyebab (sebab) dan karakteristik kualitas (akibat) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab itu. Diagram sebab akibat sering juga disebut Ishikawa Diagram karena pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Kaoru Ishikawa dari universitas Tokyo pada tahun 1943.

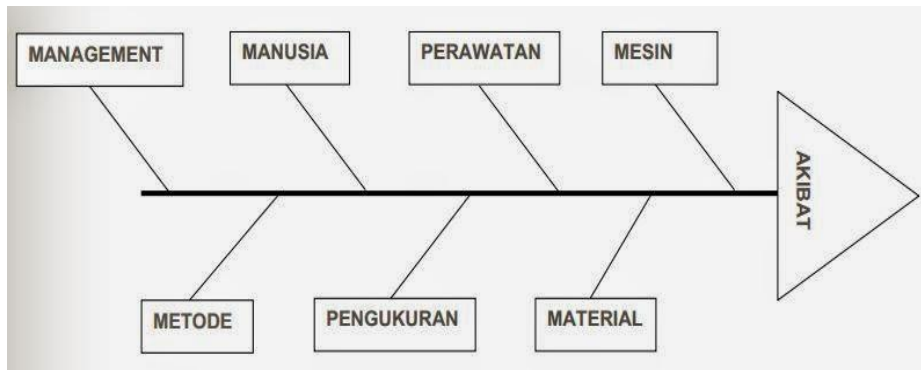
Pada dasarnya diagram sebab akibat dapat dipergunakan untuk kebutuhan-kebutuhan seperti:

- Untuk menyimpulkan sebab-sebab variasi dalam proses.
- Membantu mengidentifikasi akar penyebab dari masalah.
- Membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi masalah.

- d. Untuk memberikan petunjuk mengenai macam-macam data yang dikumpulkan.
- e. Membantu dalam penyelidikan fakta lebih lanjut.

Langkah – langkah dalam pembuatan diagram sebab akibat yaitu:

- a. Menentukan dahulu apa yang menjadi masalah atau penyimpangan yang penting dan mendesak untuk diselesaikan. Teknik menentukan masalah bisa dilakukan dengan berbagai cara seperti digram *pareto*, distribusi frekuensi dan peta kontrol.
- b. Tuliskan pernyataan masalah itu pada kepala ikan, yang merupakan akibat. Tuliskan pada sisi sebelah kanan dari kertas, kemudian gambarkan tulang belakang (anak panah dari kiri kekanan) dan tempatkan pernyataan masalah itu dalam kotak.
- c. Tuliskan faktor-faktor penyebab utama yang menimbulkan masalah sebagai tulang besar (yang ditulis hanyalah kemungkinan yang bersifat garis besar).
- d. Jabarkan secara lebih rinci (penyebab sekunder), dinyatakan sebagai tulang-tulang berukuran sedang lalu tulang-tulang berukuran kecil sebagai penyebab-penyebab tersier.
- e. Tentukan item-item yang penting dari setiap faktor dan tandailah faktor-faktor penting tertentu yang kelihatannya memiliki pengaruh nyata terhadap masalah utama.
- f. Periksa apakah tiap item dalam diagram mempunyai hubungan sebab dan akibat secara signifikan.



Sumber : http://depe-es.blogspot.co.id/2014_05_01_archive.html

Gambar 2.4 Contoh dari Diagram Sebab Akibat

2.6.2 Diagram Pareto

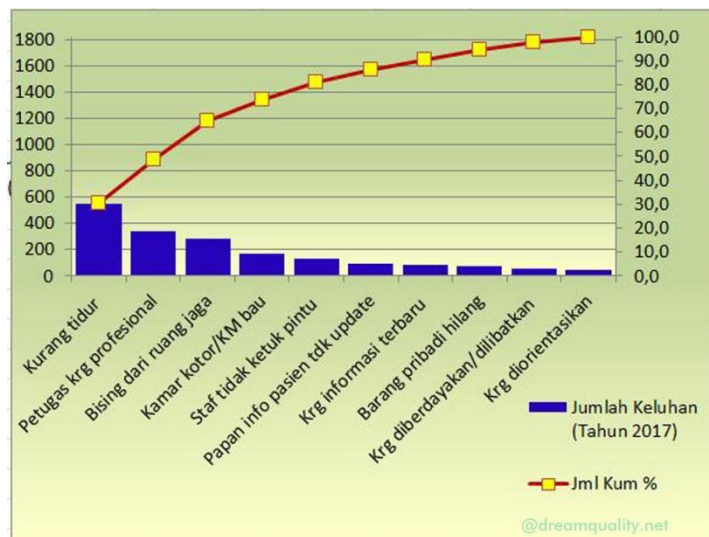
Kegunaan Diagram *pareto* adalah

1. Menyaring data masalah menurut wilayah dan menemukan wilayah mana yang memiliki paling banyak masalah.
2. Membandingkan data *defect* menurut tipe dan mengetahui *defect* mana yang paling umum.
3. Membandingkan masalah menurut hari dalam minggu (atau bulan atau waktu dalam hari) untuk mengetahui selama periode mana masalah paling sering terjadi.
4. Menyaring komplain pelanggan menurut tipe komplain untuk mengetahui komplain apa yang paling umum.

Adapun cara melakukan Analisis *Pareto* yaitu :

1. Tentukan klasifikasi (kategori Pareto) untuk grafik.
2. Pilih suatu interval waktu untuk analisis.
3. Tentukan kejadian total (misalnya biaya, jumlah kerusakan, dll) untuk setiap kategori. Jika ada beberapa kategori yang menyebabkan hanya bagian kecil dari total, kelompokkan hal ini ke dalam kategori yang disebut "lain-lain".
4. Hitung prosentase dari setiap kategori dengan membagi kategori total dengan keseluruhan dan kalikan dengan 100.
5. Urutkan peringkat dari kejadian total terbesar sampai terkecil.

6. Hitung prosentase kumulatif dengan menambah prosentase untuk setiap kategori pada beberapa kategori yang terdahulu.
7. Buat bagan dengan sumbu vertikal kiri berskala dari 0 sampai sedikitnya 100%, dengan 100% pada sisi kanan sama tingginya dengan total keseluruhan pada sisi kiri.
8. Beri label sumbu horizontal dengan nama kategori. Kategori paling kiri harus terbesar, kedua terbesar berikutnya, dan seterusnya.
9. Gambar dalam batang yang mewakili jumlah setiap kategori. Tinggi batang ditentukan oleh sumbu vertikal kiri.
10. Gambar satu garis yang menunjukkan kolom prosentase kumulatif dari tabel analisis pareto. Garis prosentase kumulatif ditentukan dengan sumbu vertikal kanan.



Sumber : <http://www.ihquality.com/2016/04/cara-membuat-diagram-pareto-dengan-excel.html>

Gambar 2.5 Gambar diagram *pareto*

2.6.3 Histogram

Histogram adalah alat yang digunakan untuk menunjukkan variasi data pengukuran dan variasi setiap proses. Histogram merupakan suatu potret dari proses yang menunjukkan yaitu :

- a. Distribusi dari pengukuran

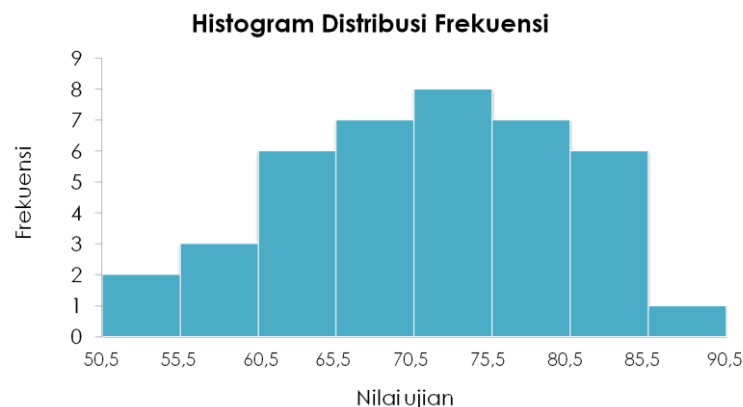
b. Frekuensi dari setiap pengukuran itu

Histogram ini juga menunjukkan kemampuan proses dan apabila memungkinkan histogram dapat menunjukkan hubungan dengan spesifikasi proses dan angka-angka nominal misalnya rata-rata. Dalam histogram, garis vertical menunjukkan banyaknya observasi tiap-tipa kelas, diagram ini sangat cocok untuk data yang dikelompokkan. Histogram dapat dianalisis lebih lanjut sehingga dapat diperoleh antara lain tendensi sentral, frekuensi terbesar (modus), titik tengah (median), nilai rata-rata (mean) dan simpangan baku (standar deviasi). Dengan demikian histogram dapat dipergunakan sebagai suatu alat untuk:

1. Mengomunikasikan informasi tentang informasi dalam proses
2. Membantu manajemen dalam membuat keputusan-keputusan yang berfokus kepada usaha perbaikan terus menerus (continuous improvement efforts).

Tujuan menggunakan histogram yaitu :

- a. Mengatahui denga mudah penyebaran data yang ada
- b. Mempermudah melihat dan menginterpretasikan data
- c. Sebagai alat pengendalian proses sehingga dapat mencegah timbulnya masalah.



Sumber : <http://belajarstatistika.site11.com/images/histogramkelf.png>

Gambar 2.6 Gambar diagram Histogram

2.7 Failure Mode and Effect 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. Hindarilah masalah - masalah sepele.
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.

Dari contoh tabel FMEA dalam Gambar 2.7, berikut ini akan dijelaskan langkah-langkah dalam pengisian tabel FMEA, yaitu:

Process Step	Potential Failure Mode	Potential Failure Effect	SEV ¹	Potential Causes	OCC ²	Current Process Controls	DET ³	RPN ⁴	Action Recommended
What is the step?	In what ways can the step go wrong?	What is the impact on the customer if the failure mode is not prevented or corrected?	How severe is the effect on the customer?	What causes the step to go wrong (i.e., how could the failure mode occur)?	How frequently is the cause likely to occur?	What are the existing controls that either prevent the failure mode from occurring or detect it should it occur?	How probable is detection of the failure mode or its cause?	Risk priority number calculated as SEV x OCC x DET	What are the actions for reducing the occurrence of the cause or for improving its detection? Provide actions on all high RPNs and on severity ratings of 8 or 10.
ATM Pin Authentication	Unauthorized access	• Unauthorized cash withdrawal • Very dissatisfied customer	8	Lost or stolen ATM card	3	Block ATM card after three failed authentication attempts	3	72	
	Authentication failure	Annoyed customer	3	Network failure	5	Install load balancer to distribute work-load across network links	5	75	
Dispense Cash	Cash not disbursed	Dissatisfied customer	7	ATM out of cash	7	Internal alert of low cash in ATM	4	196	Increase minimum cash threshold limit of heavily used ATMs to prevent out-of-cash instances
	Account debited but no cash disbursed	Very dissatisfied customer	8	• Transaction failure • Network issue	3	Install load balancer to distribute work-load across network links	4	96	
	Extra cash dispensed	Bank loses money	8	• Bills stuck to each other • Bills stacked incorrectly	2	Verification while loading cash in ATM	3	48	

Sumber : <https://www.isixsigma.com/tools-templates/fmea/avoid-failure-when-using-failure-modes-and-effects-analysis-fmea/>

Gambar 2.7 Contoh Tabel FMEA

1. Fungsi proses

Merupakan gambaran dari proses produksi yang akan dianalisa beserta dengan penjelasan secara singkat fungsi dari proses tersebut. Jika prosesnya ada beberapa operasi dengan potensi kegagalan yang berbeda, daftarkan operasi sebagai proses terpisah.

2. Jenis kegagalan yang terjadi

Potensi kegagalan proses yang diidentifikasi adalah proses yang terjadi gagal dalam memenuhi persyaratan proses. Gunakan pengalaman proses yang sama untuk mengkaji ulang klaim pelanggan sehubungan dengan komponen yang sama. Asumsikan bahwa part atau material yang masuk sudah baik.

3. Efek dari kegagalan yang terjadi

Akibat yang ditimbulkan dari kegagalan yang terjadi terhadap konsumen maupun efek terhadap kelangsungan proses selanjutnya.

4. *Severity*

Nilai tingkat keparahan dari akibat yang ditimbulkan terhadap konsumen maupun terhadap kelangsungan proses selanjutnya yang secara tidak langsung juga merugikan. Terdiri dari rating dari 1 – 10. Tabel 3.1. memperlihatkan kriteria dari setiap nilai rating severity. Makin parah efek yang ditimbulkan, makin tinggi nilai rating yang diberikan.

5. Penyebab kegagalan

Penyebab kegagalan didefinisikan sebagai penjelasan mengapa kegagalan - kegagalan pada proses tersebut bisa terjadi. Setiap kemungkinan penyebab kegagalan yang terjadi didaftarkan dengan lengkap.

6. *Occurrence*

Seberapa sering kemungkinan penyebab kegagalan terjadi. Nilai occurrence ini diberikan untuk setiap penyebab kegagalan. Terdiri dari rating dari 1 – 10. Tabel 2.3 memperlihatkan kriteria dari setiap nilai rating occurrence. Makin sering penyebab kegagalan terjadi, makin tinggi nilai rating yang diberikan.

7. Kontrol yang dilakukan

Kontrol yang dilakukan untuk mendeteksi penyebab kegagalan yang terjadi.

8. Mendeteksi (*detectability*)

Seberapa jauh penyebab kegagalan dapat dideteksi. Terdiri dari rating dari 1 – 10. Tabel 3.3. memperlihatkan kriteria dari setiap nilai rating detectability. Makin sulit mendeteksi penyebab kegagalan yang terjadi, makin tinggi nilai rating yang diberikan.

9. *Risk Priority Number (RPN)*

RPN merupakan perkalian dari rating occurrence (O), severity (S) dan detectability (D):

$$RPN = O \times S \times D$$

Angka ini digunakan sebagai panduan untuk mengetahui masalah yang paling serius, dengan indikasi angka yang paling tinggi memerlukan prioritas penanganan serius.

<i>Rating</i>	<i>Criteria of Severity Effect</i>
10	Tidak berfungsi sama sekali
9	Kehilangan fungsi utama dan menimbulkan peringatan
8	Kehilangan fungsi utama
7	Pengurangan fungsi utama
6	Kehilangan kenyamanan fungsi penggunaan
5	Mengurangi kenyamanan fungsi penggunaan
4	Perubahan fungsi dan banyak pekerja menyadari adanya masalah
3	Tidak terdapat efek dan pekerja menyadari adanya masalah
2	Tidak terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah
1	Tidak ada efek

Sumber : Dydem, 2003

Tabel 2.2 Nilai *Severity*

<i>Rating</i>	<i>Probability of Occurrence</i>
10	1 dalam 2
9	1 dalam 3
8	1 dalam 8
7	1 dalam 20
6	1 dalam 80
5	1 dalam 400
4	1 dalam 2.000
3	1 dalam 15.000
2	1 dalam 150.000
1	<1 dalam 1.500.000

Sumber : Dydem, 2003

Tabel 2.3 Nilai *Occurence*

Dyadem, 2003, Guidelines for Failure Mode and Effect Analysis, For Automotive, Aerospace and General manufacturing Industries, CRC Press, Boca Raton London New York Washington, D.C.

<i>Rating</i>	<i>Detection Design Control</i>
10	Tidak mampu terdeteksi
9	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk terdeteksi
8	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk terdeteksi
7	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kesempatan yang rendah untuk terdeteksi
5	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi
4	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi
3	Kesempatan yang tinggi untuk terdeteksi
2	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi
1	Pasti terdeteksi

Sumber : Dydem, 2003

Tabel 2.4 Nilai *Detection*

2.8 Cost Of Poor Quality

Biaya Kualitas (Biaya Mutu) atau *Quality Cost* adalah Biaya-biaya yang timbul dalam penanganan masalah Kualitas (Mutu), baik dalam rangka meningkatkan Kualitas maupun biaya yang timbul akibat Kualitas yang buruk (*Cost of Poor Quality*). Dengan kata lain, Biaya Kualitas (*Quality Cost*) adalah semua biaya yang timbul dalam Manajemen Kualitas (*Quality Management*).

Feigenbaum (1961) dalam bukunya yang berjudul "*Total Quality Control*" menyebutkan bahwa Biaya Kualitas terdiri dari 3 kategori utama, yaitu Biaya Pencegahan (*Preventive Cost*), Biaya Penilaian (*Appraisal Cost*) Biaya Kegagalan (*Failure Cost*). Biaya Kegagalan kemudian dibagi lagi menjadi 2 jenis yaitu Biaya Kegagalan Internal (*Internal Failure Cost*) dan Biaya Kegagalan Eksternal (*External Failure Cost*).

Tabel 2.5 Jenis *Cost of Poor Quality* menurut Feigenbaum

Kategori	Contoh Biaya yang perlu dikeluarkan
Biaya Pencegahan (<i>Preventive Cost</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biaya Pelatihan (<i>Training Cost</i>) 2. Proses Capability Studies (Penelitian Kapabilitas Proses) 3. <i>Vendor Survey</i> 4. Quality Planning and Design
Biaya Penilaian (<i>Appraisal Cost</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Segala Jenis Pengujian (<i>testing</i>) dan Inspeksi 2. Pembelian Peralatan Pengujian dan Inspeksi 3. Peninjauan Kualitas dan Audit (<i>Quality Audit and Review</i>) 4. Biaya Laboratorium
Biaya Kegagalan (<i>Failure Cost</i>) Internal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biaya Scrap dan pengerjaan ulang (<i>Rework</i>) 2. Biaya Perubahan Desain (<i>Design Change</i>) 3. Biaya Kelebihan Persediaan (<i>Excess Inventory Cost</i>) 4. Biaya Pembelian Bahan
Biaya Kegagalan (<i>Failure Cost</i>) Eksternal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biaya Purna Jual / Jaminan (<i>Warranty</i>) 2. Biaya Pengembalian Produk (<i>Return and Recall</i>) 3. Biaya Penangan Keluhan Pelanggan 4. Biaya Ganti Rugi

Sumber :Feigenbaum, Armand V.1961.*Total Quality Control*.Newyork.
Penerbit:McGraw-Hill Education

2.9 Penelitian terdahulu

Dasar atau acuan yang berupa teori-teori atau temuan-temuan melalui hasil penelitian sebelumnya merupakan hal yang sangat perlu dan dapat dijadikan sebagai data pendukung. Salah satu data pendukung yang menurut peneliti perlu dijadikan bagian tersendiri adalah penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang sedang dibahas dalam penelitian ini. Dalam hal ini, sebagai tambahan jurnal setelah jurnal yang disampaikan di Bab 1.

Wahyani, W, Chobir, A, dan Rahmanto, D.D (2010) dalam jurnalnya yang berjudul “Penerapan Metode *Six Sigma* dengan Konsep DMAIC sebagai Alat

Pengendali Kualitas” memaparkan analisis pencegahan terjadinya kecacatan produk masih kurang, terutama proses packing, persiapan material, & proses making diketahui nilai RPN (*Risk Potensial Number*) masing – masing sebesar 928, 726, & 510. Diketahui nilai Sigma untuk data atribut sebesar 4,69 dengan DPMO = 708. Analisis menggunakan kapabilitas proses pada beberapa tahap (sub) proses.

Hariri, R, Astuti, R, dan Ikasari, D.M. (2013) dalam jurnalnya yang berjudul “Penerapan Metode Six Sigma Sebagai Upaya Perbaikan Untuk Mengurangi Pack Defect Susu Greenfields (Studi Kasus Pada Pt Greenfield, Malang)” memaparkan hasil analisisnya yaitu masalah utama dalam hal *pack (defect)* susu Greenfields ESL adalah kebocoran *pack*. Faktor-faktor yang menyebabkan kebocoran pack meliputi masalah pada mesin *filling*, terjatuh atau tertubruk *forklift*, ketidakhati-hatian pada proses *stuffing*, penempatan karton pada pallet yang tidak presisi, kesalahan/kecerobohan manusia, *paper* lembek, dan kelembaban yang tinggi. Banyak produk yang cacat dalam satu tahun sebesar 1.680 pack dan banyaknya produk yang diperiksa dalam satu tahun sebanyak 1.9454.562 *pack* sehingga diperoleh nilai DPMO sebesar 43.178. Apabila nilai DPMO dikonversikan ke dalam capaian level sigma, maka diperoleh level sigma sebesar 3.2. Nilai RPN tertinggi ada pada mesin *filling* sebesar 320.