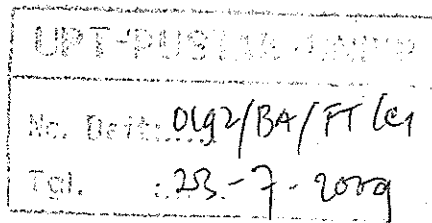


17

BUKU AJAR



MATA KULIAH : PENGENDALIAN KUALITAS
OLEH : NANIEK UTAMI H., S.Si, MT



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO

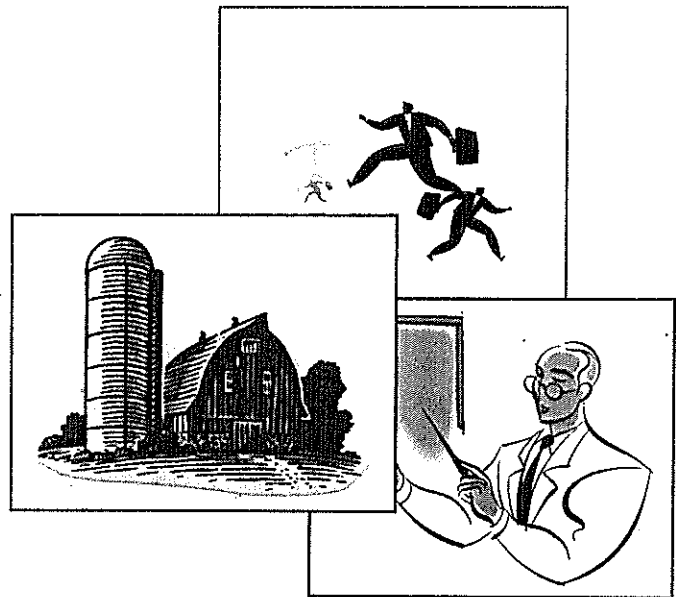
2007

**B
U
K
U

A
J
A
R**

Pengendalian & Penjaminan Mutu

Naniek Utami Handayani, S.Si., MT



**Laboratorium Optimasi & Perencanaan Sistem Industri
Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro**

BAB I

STATISTIKA PENGENDALIAN KUALITAS

Tujuan Instruksional Khusus :

1. Mahasiswa dapat menjelaskan penggunaan statistika dalam pengendalian kualitas

Statistik adalah metodologi yang digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data. Sedangkan probabilitas adalah suatu ukuran yang menjelaskan kesempatan bahwa suatu hal atau kejadian akan terjadi. Data harus mempunyai arti, tidak hanya yang mudah untuk dikumpulkan. Sejak awal perkembangan kualitas, para praktisi telah memperdebatkan pentingnya metode-metode statistik dalam mencapai kualitas yang memuaskan. Namun pengetahuan mengenai metode statistik saja tidak cukup. Pengetahuan tentang produk dan proses yang khusus dalam industri juga diperlukan bersamaan dengan pengetahuan mengenai metode statistik sebagai pendekatan modern tentang kualitas. Tanpa statistik, maka penggambaran penyelesaian mengenai data akan menjadi sumber malapetaka dalam penerapannya pada berbagai kasus.

A. PELUANG

Peluang suatu kejadian menggambarkan kesempatan terjadinya kejadian tersebut. Fungsi probabilitas (fungsi peluang) bernilai antara 0 dan 1, di mana 0 mewakili ketidakterjadian pasti dari suatu kejadian dan 1 mewakili keterjadian pasti dari kejadian tersebut.

Kumpulan dari seluruh hasil percobaan disebut sebagai **ruang sampel S**.

1. Frekuensi Relatif Probabilitas

Jika setiap kejadian dalam ruang sampel memiliki harapan yang sama, maka probabilitas dari suatu kejadian A dituliskan sebagai

$$P(A) = \frac{n_A}{N} \quad \dots (1.1)$$

di mana $P(A)$ = peluang kejadian A

n_A = jumlah terjadinya kejadian A

N = ukuran ruang sampel

Definisi ini dihubungkan dengan konsep frekuensi relatif probabilitas. Hal ini dapat dipakai pada situasi di mana data historis tersedia. Probabilitas yang dihubungkan dengan ruang sampel adalah 1 [maka, $P(S) = 1$].

Contoh 1-1: suatu perusahaan membuat kantong plastik untuk perusahaan makanan. Dari 2000 kantong plastik 16-ons yang diproduksi tiap jam, ditemukan 40 yang tidak sesuai.

Jika pekerja inspeksi secara acak memilih sebuah kantong dari produksi tiap jam, berapa probabilitas dia menemukan kantong yang tidak sesuai?

Solusi: kita tentukan kejadian A sebagai penemuan sebuah kantong yang tidak sesuai. Ruang sampel S terdiri dari 2000 kantong (maka, $N = 2000$). Jumlah terjadinya kejadian A (n_A) adalah 40. Sehingga, jika pekerja inspeksi memilih satu kantong secara acak dari 2000 kantong, maka

$$P(A) = \frac{40}{2000} = 0.02$$

2. Kejadian Sederhana dan Kejadian Gabungan

Kejadian sederhana tidak dapat dipecah dalam kejadian lainnya. Kejadian sederhana mewakili bentuk paling mendasar dari hasil yang mungkin dalam suatu percobaan. Kejadian gabungan dibentuk oleh dua atau lebih kejadian sederhana.

Contoh 1-2: andaikan pekerja inspeksi sedang mengambil sampel transistor dari suatu lini perakitan dan mengidentifikasinya sebagai part yang dapat diterima atau tidak. Andaikan pekerja tadi mengambil dua transistor. Manakah yang merupakan kejadian sederhana? Berikan contoh suatu kejadian gabungan! Hitung probabilitas menemukan sedikitnya satu transistor yang dapat diterima!

Solusi: pertimbangkan hasil berikut

A_1 : kejadian bahwa transistor pertama diterima

D_1 : kejadian bahwa transistor pertama tidak diterima

A_2 : kejadian bahwa transistor kedua diterima

D_2 : kejadian bahwa transistor kedua tidak diterima

Terdapat empat kejadian sederhana yang menyusun ruang sampel S:

$$S = \{A_1, D_1, A_2, D_2\}$$

Kejadian-kejadian berikut dapat dijelaskan sebagai berikut:

$E_1 = \{A_1A_2\}$: kejadian bahwa transistor pertama dan kedua diterima

$E_2 = \{A_1D_2\}$: kejadian bahwa transistor pertama diterima dan kedua tidak diterima

$E_3 = \{D_1A_2\}$: kejadian bahwa transistor pertama tidak diterima dan kedua diterima

$E_4 = \{D_1D_2\}$: kejadian bahwa transistor pertama dan kedua tidak diterima

Kejadian gabungan B adalah kejadian bahwa sedikitnya satu dari dua transistor diterima. Dalam kasus ini, kejadian B terdiri dari tiga kejadian sederhana berikut: $B = \{E_1, E_2, E_3\}$. Dengan menganggap bahwa setiap kejadian memiliki harapan yang sama,

$$P(B) = P(E_1) + P(E_2) + P(E_3) = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}.$$

3. Kejadian Berkomplementer

Komplemen dari kejadian A menyatakan semua kejadian selain A. Jika kita menamakan A^C sebagai komplemen dari A, maka

$$P(A^C) = 1 - P(A) \quad \dots (1.2)$$

Gambar 1.1 menunjukkan probabilitas komplemen dari suatu kejadian dalam bentuk Diagram Venn. Melanjutkan Contoh 1-2, anggap bahwa kita menginginkan untuk menghitung probabilitas kejadian bahwa kedua transistor tidak diterima. Ingat bahwa hal ini adalah komplemen dari kejadian B, yang telah ditentukan sebagai sedikitnya satu transistor diterima. Maka,

$$P(B^C) = 1 - P(B) = 1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4}$$

4. Aturan Penambahan

Aturan penambahan probabilitas menetapkan probabilitas gabungan dari dua atau lebih kejadian yang sedang terjadi. Jika kita memiliki dua kejadian A dan B, maka gabungan dari keduanya menyatakan bahwa A terjadi *atau* B terjadi *atau* keduanya terjadi. Gambar 4.3 menunjukkan gabungan dua kejadian, A dan B. Daerah yang diarsir dalam ruang sampel menunjukkan probabilitas gabungan dari dua kejadian. Aturan penambahannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P(A \cup B) &= P(A \text{ atau } B \text{ atau keduanya}) \\ &= P(A) + P(B) - P(A \cap B) \end{aligned} \quad \dots (1.3)$$

Perhatikan bahwa $P(A \cap B)$ mewakili probabilitas irisan kejadian A dan B – yaitu terjadinya kedua kejadian A dan B. Logika di balik aturan penambahan dapat dengan mudah dilihat dari diagram Venn dalam Gambar 1.3, di mana $P(A)$ mewakili daerah di dalam batas kejadian A. Demikian pula $P(B)$ mewakili daerah dalam batas kejadian B. Daerah perpotongan antara daerah A dan B mewakili probabilitas irisan, $P(A \cap B)$. Saat $P(A)$ ditambahkan pada $P(B)$, irisan ini dimasukkan dua kali, sehingga rumus (1.3) menambahkan $P(A)$ pada $P(B)$ dan mengurangi $P(A \cap B)$.

5. Aturan Perkalian

Aturan perkalian probabilitas menentukan probabilitas dari irisan dua atau lebih kejadian. Irisan dari kelompok kejadian berarti bahwa semua kejadian dalam kelompok terjadi. Secara umum, untuk dua kejadian A dan B,

$$\begin{aligned} P(A \cap B) &= P(A \text{ dan } B) = P(A)P(B|A) \\ &= P(B)P(A|B) \end{aligned} \quad \dots (1.4)$$

Istilah $P(B|A)$ menggambarkan kondisi probabilitas B jika kejadian A terjadi (yaitu, peluang bahwa B akan terjadi jika A telah terjadi). Demikian juga, $P(A|B)$ menggambarkan kondisi probabilitas A jika kejadian B telah terjadi.

6. Kejadian Saling Bebas

Dua kejadian A dan B dikatakan bebas jika hasil dari salah satunya tidak memberikan pengaruh terhadap hasil yang lain. Jika A dan B adalah bebas, maka $P(B|A) = P(B)$. Dengan kata lain, terjadinya A sama sekali tidak mempengaruhi terjadinya B. Dalam hal ini terjadinya B bebas dari terjadinya A. Dua kejadian A dan B bebas jika dan hanya jika

$$P(B|A) = P(B)$$

dan

$$P(A|B) = P(A).$$

B. DISTRIBUSI DISKRIT

1. Distribusi Hipergeometrik

Distribusi hipergeometrik berguna dalam pengambilan sampling dari populasi terbatas (atau lot) tanpa pengembalian (yaitu, tanpa mengembalikan elemen sampel ke dalam populasinya) saat item atau hasil dapat dikategorikan dalam satu dari dua kelompok (biasanya disebut sukses dan gagal). Jika kita misalkan mencari item tidak sesuai, distribusi probabilitas dari jumlah item yang tidak sesuai (x) dalam sampel dirumuskan dengan

$$p(x) = \frac{\binom{D}{x} \binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}}, \quad x = 0, 1, 2, \dots, \min(n, D)$$

Di mana D = jumlah item yang tidak sesuai dalam populasi

N = ukuran populasi

n = ukuran sampel

x = jumlah item yang tidak sesuai dalam sampel

$$\binom{D}{x} = \text{kombinasi item-item } D \text{ yang terambil } x \text{ pada suatu waktu, } = \frac{D!}{x!(D-x)!}$$

Contoh: sebuah lot berisi 20 transistor mengandung 5 transistor yang tidak sesuai. Jika seorang pekerja inspeksi mengambil 4 item untuk sampel, hitung probabilitas ditemukannya 3 transistor yang tidak sesuai!

Solusi. Dalam kasus ini, $N = 20$, $D = 5$, $n = 4$, dan $x = 3$

$$p(x=3) = \frac{\binom{5}{3} \binom{15}{1}}{\binom{20}{4}} = 0.031$$

2. Distribusi Binomial

Berbeda dengan distribusi hipergeometrik, distribusi binomial berhubungan dengan pengambilan sampling dari populasi terbatas (atau lot) **dengan pengembalian** (yaitu, dengan mengembalikan elemen sampel ke dalam populasinya) saat item atau hasil dapat dikategorikan dalam satu dari dua kelompok (biasanya disebut sukses dan gagal). Misalkan x menotasikan jumlah sukses jika sebanyak n percobaan dilakukan. Maka probabilitas x dirumuskan sebagai

$$p(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}, \quad x = 0, 1, 2, \dots, n$$

dan x dikatakan memiliki distribusi binomial.

Distribusi binomial adalah distribusi yang menggunakan dua parameter, n dan p . Jika nilai kedua parameter ini diketahui, maka semua informasi yang berhubungan dengan distribusi binomial dapat ditentukan. Distribusi ini dapat dipakai untuk mengambil sampel tanpa pengembalian dari populasi (atau lot) yang sangat besar dibandingkan dengan sampel, atau untuk pengambilan sampel dengan pengembalian dari populasi terbatas. Distribusi ini juga dapat digunakan untuk pengambilan sampel dari suatu proses yang sedang berjalan (yaitu, ukuran sampel sangatlah besar).

Contoh: suatu proses manufaktur diperkirakan memproduksi 5% item yang tidak sesuai. Jika suatu sampel acak yang terdiri dari 5 item diambil, hitunglah probabilitas menemukan dua item yang tidak sesuai!

Solusi. Disini, $n = 5$, $p = 0,05$ (jika sukses didefinisikan sebagai penemuan item yang tidak sesuai), dan $x = 2$.

$$P(X = 2) = \binom{5}{2} (0.05)^2 (0.95)^3 = 0.021$$

probabilitas ini dapat dicocokkan dengan Tabel nilai Probabilitas Binomial.

$$\begin{aligned} P(X=2) &= P(X \leq 2) - P(X \leq 1) \\ &= 0.999 - 0.977 = 0.022 \end{aligned}$$

3. Distribusi Poison

Distribusi Poison digunakan untuk memodelkan jumlah kejadian yang terjadi dalam unit produk (misal, jumlah cela dalam sayap pesawat), ruang atau volume (misal, cela per 200 yard kuadrat kain), atau periode waktu (breakdown mesin per bulan). Ini diasumsikan bahwa kejadian terjadi secara acak dan bebas.

Variabel acak poison dinotasikan dalam X . Nilai pengamatan X direpresentasikan dalam x . Fungsi distribusi probabilitas dari jumlah kejadian (x) diberikan oleh

$$p(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

di mana λ = jumlah rata-rata kejadian yang terjadi sepanjang produk, volume, atau periode waktu yang ditentukan.

Simbol e merepresentasikan dasar logaritma natural, yang setara dengan kira-kira 2,7183. distribusi poison memiliki satu parameter, λ . Rata-rata dan variansi dari distribusi Poison adalah sam, yaitu

$$\mu = \sigma^2 = \lambda$$

Distribusi Poison terkadang digunakan untuk mendekati distribusi binomial saat n terlalu besar ($n \rightarrow \infty$) dan p terlalu kecil ($p \rightarrow 0$), di mana $np = \lambda$ adalah konstan. Sehingga, distribusi poison dapat digunakan sat semua hal berikut terjadi:

1. jumlah kejadian yang mungkin dari cacat atau ketidaksesuaian per unit sangatlah besar
2. peluang atau kesempatan suatu cacat atau ketidaksesuaian sangatlah kecil ($p \rightarrow 0$)
3. jumlah rata-rata cacat atau ketidaksesuaian per unit konstan.

Contoh: Diperkirakan bahwa jumlah rata-rata cacat permukaan dalam 20 m² suatu kertas yang diproduksi suatu proses adalah 3. Berapa probabilitas menemukan tidak lebih dari 2 cacat dalam 40 m² kertas melalui sampel acak?

Solusi: di sini, satu unit adalah 40 m² kertas. Sehingga, λ adalah 6 karena jumlah rata-rata cacat permukaan per 40 m² adalah 6. Probabilitasnya adalah

$$\begin{aligned} P(X \leq 2) &= P(X = 0) + P(X = 1) + P(X = 2) \\ &= \frac{e^{-6} 6^0}{0!} + \frac{e^{-6} 6^1}{1!} + \frac{e^{-6} 6^2}{2!} \\ &= 0.062 \end{aligned}$$

C. DISTRIBUSI KONTINYU

1. Distribusi Normal

Distribusi yang paling sering digunakan dalam pengendalian kualitas adalah distribusi normal. Fungsi padat probabilitas dari variabel acak normal diberikan oleh

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad -\infty \leq x \leq \infty$$

di mana μ = rata-rata populasi

σ = standar deviasi populasi

Dua parameter distribusi normal adalah rata-rata dan variansi (atau standar deviasi). Ingat bahwa variansi adalah akar dari standar deviasi. Pengaruh parameter μ dan σ^2 adalah pada bentuk kurva normal. Perubahan pada mean (μ) menyebabkan perubahan lokasi distribusi. Semakin besar mean, distribusi semakin bergeser ke kanan, dan sebaliknya. Sedangkan perubahan nilai variansi akan menyebabkan perubahan sebaran kurva. Semakin besar variansi, kurva akan semakin menyebar (lebar), dan sebaliknya.

Standar deviasi sangat penting dalam distribusi normal. Proporsi nilai populasi yang jatuh pada range $\mu \pm \sigma$ adalah 68,26%. Sama dengan itu, 95,44% dari total area jatuh pada $\mu \pm 2\sigma$, dan 99,74% dari area jatuh pada $\mu \pm 3\sigma$.

Luas daerah dalam batas tertentu untuk semua distribusi normal dapat dihitung dengan melihat tabel luas area untuk distribusi normal baku. Variabel acak normal yang dibakukan, Z, diberikan oleh

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Nilai Z, atau nilai baku, adalah jumlah standar deviasi nilai x mentah dari mean. Z dapat bernilai positif atau negatif. Jika positif, maka nilai mentahnya berada di sebelah kanan mean, dan sebaliknya. Jika x berada pada mean, maka Z akan bernilai 0.

Contoh: panjang suatu part mesin diketahui memiliki distribusi normal dengan mean 100 mm dan standar deviasi 2 mm.

a. berapa proporsi part akan berada di atas 103.3 mm?

Solusi: Misalkan X menotasikan panjang part. Nilai parameter untuk distribusi normal adalah $\mu = 100$ dan $\sigma = 2$. Nilai baku dari 103.3 adalah

$$z_1 = \frac{x_1 - \mu}{\sigma} = \frac{103.3 - 100}{2} = 1.65$$

sehingga, $P(X > 103.3) = P(Z > 1.65)$. dari tabel diketahui bahwa $P(Z \leq 1.65) = 0.9505$, yang juga sama dengan $P(X \leq 103.3)$. Jadi

$$\begin{aligned} P(Z > 1.65) &= 1 - P(Z \leq 1.65) \\ &= 1 - 0.9505 = 0.0495 \end{aligned}$$

Probabilitas yang diinginkan $P(X > 103.3)$ adalah 0.0495 atau 4.95%.

b. Berapa proporsi output berada antara 98.5 dan 102.0 mm?

Solusi: Kita berkeinginan untuk menghitung $P(98.5 \leq X \leq 102.0)$. Nilai baku untuk dua nilai tersebut adalah

$$\begin{aligned} z_1 &= \frac{102.0 - 100}{2} = 1 \\ z_2 &= \frac{98.5 - 100}{2} = -0.75 \end{aligned}$$

Dari tabel luas daerah di bawah kurva normal diketahui $P(Z \leq 1.00) = 0.8413$ dan $P(Z \leq -0.75) = 0.2266$. Probabilitas yang diinginkan sama dengan $0.8413 - 0.2266 = 0.6147$. Jadi, 61.47% dari output akan jatuh antara 98.5 dan 102.0 mm.

2. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial digunakan dalam analisis keandalan untuk menggambarkan waktu kegagalan suatu komponen atau sistem. Fungsi padat probabilitasnya diberikan oleh

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \quad x \geq 0$$

di mana λ melambangkan tingkat kegagalan. Distribusi eksponensial menggambarkan tingkat kegagalan konstan dan digunakan untuk memodelkan kegagalan yang terjadi secara acak dan independen. Jika kita memisalkan siklus hidup produk tertentu, umur pakai

berada pada setelah fase permulaan dan sebelum fase akhir produk tersebut. Selama umur pakainya, tingkat kegagalan biasanya konstan, dan kegagalan yang terjadi acak dan independen. Distribusi eksponensial, yang memiliki tiga sifat, oleh karenanya cocok untuk memodelkan kegagalan dalam fase umur pakai suatu produk. Mean dan variansi variabel acak eksponensial diberikan oleh

$$\mu = \frac{1}{\lambda}, \quad \sigma^2 = \frac{1}{\lambda^2}$$

Jadi, mean dan standar deviasi untuk variabel acak eksponensial adalah sama.

Fungsi distribusi kumulatif eksponensial adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F(x) &= P(X \leq x) \\ &= \int_0^x \lambda e^{-\lambda t} dt \\ &= 1 - e^{-\lambda x} \end{aligned}$$

Distribusi eksponensial bersifat tidak memiliki ingatan. Ini berarti bahwa probabilitas suatu umur komponen yang melebihi (s+t) unit waktu, yang berarti bahwa dia telah tahan selama t unit waktu, memiliki probabilitas yang sama dengan probabilitas umur yang melebihi s unit waktu. Secara matematis, sifat ini dituliskan sebagai

$$P(X > s + t | X > t) = P(X > s) \quad \text{untuk semua } s \text{ dan } t \geq 0.$$

Contoh: diketahui bahwa suatu baterai untuk video game memiliki umur rata-rata 500 jam. Kegagalan baterai diketahui acak dan bebas, dan dapat dideskripsikan dengan distribusi eksponensial.

a. hitung probabilitas bahwa baterai akan rusak pada sedikitnya 600 jam.

Solusi: karena umur rata-rata baterai, atau mean, diketahui 500 jam, maka tingkat keagalannya adalah

$$\lambda = \frac{1}{500}$$

jika umur baterai dinotasikan dalam X, kita ingin menghitung $P(X > 600)$.

$$\begin{aligned} P(X > 600) &= 1 - P(X \leq 600) \\ &= 1 - \left[1 - e^{-(1/500)600} \right] \\ &= e^{-1.2} = 0.301 \end{aligned}$$

b. Hitung probabilitas baterai gagal dalam 200 jam.

Solusi.

$$P(X \leq 200) = 1 - e^{-(1/500)200}$$

$$= 1 - e^{-0.4} = 0.330$$

c. Hitung Probabilitas umur baterai akan berakhir antara 300 dan 600 jam.

Solusi.

$$P(300 \leq X \leq 600) = F(600) - P(300)$$

$$= e^{-(1/500)300} - e^{-(1/500)600}$$

$$= e^{-0.6} - e^{-1.2} = 0.248$$

3. Distribusi Weibull

Variabel acak Weibull biasanya digunakan dalam analisis keandalan untuk menggambarkan waktu hingga gagal dari komponen mesin atau elektronik. Distribusi Weibull adalah distribusi dengan tiga parameter. Fungsi padat probabilitas Weibull diberikan oleh

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x-\gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{x-\gamma}{\alpha} \right)^\beta \right], \quad x \geq \gamma$$

Parameter-parameter distribusi Weibull adalah parameter lokasi γ ($-\infty < \gamma < \infty$), parameter skala α ($\alpha > 0$), dan parameter bentuk β ($\beta > 0$).

Distribusi Weibull sebagai distribusi umum sangatlah penting karena dapat digunakan untuk memodelkan variasi dari situasi. Bentuk distribusi ini berbeda-beda tergantung nilai parameternya. Untuk kombinasi parameter tertentu, distribusi ini mendekati distribusi normal. Jika $\gamma=0$ dan $\beta=1$, distribusi Weibull mirip dengan distribusi Eksponensial. Mean dan variansi distribusi Weibull adalah

$$\mu = E(X) = \gamma + \alpha \Gamma \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right)$$

$$\sigma^2 = Var(X) = \alpha^2 \left\{ \Gamma \left(\frac{2}{\beta} + 1 \right) - \left[\Gamma \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right) \right]^2 \right\}$$

di mana $\Gamma(t)$ menyatakan fungsi gamma yang diberikan oleh

$$\Gamma(T) = \int_0^\infty e^{-x} x^{T-1} dx$$

jika μ adalah bilangan bulat sedemikian hingga $\mu \geq 1$, maka $\Gamma(\mu) = (\mu - 1)!$.

Fungsi distribusi kumulatif dari variabel acak Weibull diberikan oleh

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x-\gamma}{\alpha} \right)^\beta \right], \quad x \geq \gamma$$

Contoh: Waktu hingga gagal untuk sebuah tabung sinar katoda dapat dimodelkan menggunakan distribusi Weibull dengan parameter $\gamma = 0$, $\beta = 1/3$, dan $\alpha = 200 \text{ jam}$.

- a. Hitung waktu rata-rata hingga gagal dan standar deviasinya.

Solusi. Waktu rata-rata hingga gagal diberikan oleh

$$\begin{aligned}\mu &= E(X) \\ &= 0 + 200\Gamma(3 + 1) \\ &= 200\Gamma(4) = 1200 \text{ jam}\end{aligned}$$

Variansinya diberikan oleh

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= (200)^2 \{ \Gamma(6 + 1) - [\Gamma(3 + 1)]^2 \} \\ &= (200)^2 \{ \Gamma(7) - [\Gamma(4)]^2 \} = 2736 \times 10^4\end{aligned}$$

Standar deviasinya adalah $\sigma = 5230.679 \text{ jam}$

- b. berapa probabilitas suatu lampu beroperasi sedikitnya 800 h?

Solusi:

$$\begin{aligned}P(X > 800) &= 1 - P(X \leq 800) \\ &= 1 - \{ 1 - \exp[-(800/200)^{1/3}] \} \\ &= \exp\{- (4)^{1/3}\} = \exp\{-1.587\} \\ &= 0.204\end{aligned}$$

Daftar Pustaka:

1. Leland Blank, (1982). Statistical Procedures for Engineering, Management, dan Science. McGraw-Hill Inc.
2. Montgomery, D.C., dan Hines, W.W., (1990). Probabilita dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen. Edisi Kedua. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
3. Phaffenberger and Patterson, (1977). Statistical Methods. 1st edition. Richard D. Irwin Inc.
4. Walpole, R.E., et. al. (1985). Probability and Statistics for Engineers and Scientists. Edisi Ketiga. Macmillan Publishing Co. Inc.

BAB II

PERENCANAAN

&

PENGENDALIAN

KUALITAS

Tujuan Instruksional Khusus :

- 1. Mahasiswa dapat menjelaskan dasar-dasar perencanaan dan pengendalian kualitas**

Dunia usaha saat ini berkembang begitu cepat dan menuntut manajemen untuk selalu mengantisipasi setiap perubahan yang terjadi. Ada tiga ciri gambaran perubahan tersebut: kesementaraan, keanekaragaman, dan kebaruan. Kesementaraan ditunjukkan dengan umur produk yang semakin pendek yang bukan disebabkan oleh fungsi teknis namun oleh perkembangan teknologi. Keanekaragaman terlihat dengan semakin banyaknya jenis produk yang beredar di pasaran. Selain itu, produsen maupun konsumen sering diperhadapkan pada hal-hal baru yang tidak pernah terbayangkan sebelumnya: teknologi baru, ilmu pengetahuan baru, gaya hidup baru, harapan-harapan baru, dan sebagainya.

Perubahan yang sedemikian cepat tersebut membawa implikasi pada pengelolaan ekonomi nasional maupun operasi dunia usaha sebagai pelaku kegiatan ekonomi. Oleh karena itu, banyak perusahaan telah mengubah strateginya dari perusahaan yang berusaha menguasai sumber daya dalam negeri untuk menguasai pasar domestik ke perusahaan yang berusaha menemukan kombinasi optimal dari sumber daya lokal dan luar negeri untuk dapat bersaing baik di pasar domestik maupun di pasar luar negeri. Dalam hal ini, hanya produk yang berkualitaslah yang akan memenangkan persaingan dan mempertahankan posisinya di pasar. Dengan didukung oleh pasar bebas, keberadaan produk lokal dan nasional di suatu negara tidak akan luput dari tuntutan persaingan.

Sementara itu, untuk menjaga konsistensi kualitas produk yang dihasilkan dan sesuai dengan tuntutan pasar, perlu dilakukan pengendalian kualitas (quality control) terhadap aktivitas proses yang dijalani. Sebelumnya, pengendalian kualitas dilakukan dengan inspeksi dengan menerima produk yang memenuhi syarat dan menolak yang tidak memenuhi syarat sehingga banyak bahan, tenaga, dan waktu yang terbuang. Hal ini memicu munculnya pemikiran untuk menciptakan sistem yang dapat mencegah timbulnya masalah mengenai kualitas agar kesalahan yang pernah terjadi tidak terulang lagi.

PENGERTIAN KUALITAS

Istilah kualitas memerlukan tanggapan secara hati-hati dan memerlukan penafsiran yang cermat. Faktor utama yang menentukan kinerja suatu perusahaan adalah kualitas produk yang dihasilkan. Produk yang berkualitas adalah produk yang sesuai dengan apa

yang diinginkan konsumennya. Oleh karena itu perusahaan perlu mengenal konsumen/pelanggannya dan mengetahui kebutuhan dan keinginan pelanggan. Ada banyak sekali definisi dan pengertian kualitas, yang sebenarnya memiliki esensi yang sama. Kualitas menurut beberapa ahli yang banyak dikenal antara lain:

- Juran (1962): “kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan dan manfaatnya.”
- Crosby (1979): “kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi availability, delivery, reliability, maintainability, dan cost effectiveness.”
- Deming (1982): “kualitas harus bertujuan memenuhi kebutuhan pelanggan sekarang dan di masa datang.”
- Feigenbaum (1991): “kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk yang meliputi marketing, engineering, manufacture, dan maintenance, dalam mana produk tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan.”
- Scherkenbach (1991): “kualitas ditentukan oleh pelanggan; pelanggan menginginkan produk yang sesuai dengan kebutuhan dan harapannya pada suatu tingkat harga tertentu yang menunjukkan nilai produk tersebut.”
- Elliot (1993): “kualitas adalah sesuatu yang berbeda untuk orang yang berbeda dan tergantung pada waktu dan tempat, atau dikatakan sesuai tujuan.”
- Goetch dan Davis (1995): “kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan.”
- Perbendaharaan istilah ISO 8402 dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI 19-8402-1991), kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria-kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu (*conformance to requirement*).
- Vincent (2006): “Kualitas adalah sesuatu yang mampu memenuhi keinginan atau kebutuhan pelanggan (*meeting the needs of customers*). Kualitas juga dapat diartikan sebagai segala sesuatu yang menentukan kepuasan pelanggan

dan upaya perubahan ke arah perbaikan terus-menerus sehingga dikenal istilah **Q-MATCH** (*Quality = Meets Agreed Terms and Changes*)

Kualitas memerlukan suatu proses perbaikan terus-menerus (*continous improvement process*) yang dapat diukur, baik secara individual, organisasi, korporasi, dan tujuan kerja nasional. Konsep kualitas harus bersifat menyeluruh, baik produk maupun prosesnya. Kualitas produk meliputi kualitas bahan baku dan barang jadi, sedangkan kualitas proses meliputi segala sesuatu yang berhubungan dengan proses produksi, baik manufaktur maupun jasa.

SEJARAH KUALITAS

Dua contoh dramatis berikut mengilustrasikan bagaimana kualitas dapat memberikan dampak pada pendapatan penjualan dan biaya.

Pertama, sebuah organisasi internasional yang mengklaim memiliki pelayanan pelanggan yang kuat menolak untuk menerima permintaan penjualan dengan waktu penyampaian (*delivery time*) kurang dari 24 jam – meskipun pesaingnya menghargai permintaan 24 jam. Bayangkan jutaan dolar pendapatan penjualan yang hilang setiap tahunnya karena perusahaan tidak menghargai kebutuhan kualitas pelanggannya.

Kedua, dengarkanlah presiden sebuah perusahaan manufaktur yang spesialis dalam besi cetak: “Besarnya biaya scrap dan rework kami tahun ini adalah lima kali dari laba kami. Karena besarnya biaya tersebut, kami harus menaikkan harga jual dan sesudah itu kami kehilangan pangsa pasar. Kualitas bukanlah masalah teknis saja; kualitas adalah masalah bisnis.”

Apakah perusahaan ini memiliki reputasi kualitas marjinal di pasar? Tidak. Pelanggan menilai apakah dia memiliki kualitas yang terbaik. Namun pendekatan lama berupa inspeksi telah gagal, dan perusahaan telah memulai pada pendekatan yang baru.

Nenek moyang kita tahu – sebagaimana yang kita tahu – bahwa kualitas sangatlah penting. Metrologi, spesifikasi, inspeksi – semua hal itu sudah ada sebelum Masehi.

Kemudian di abad 20, langkah itu begitu cepat dengan suatu proses yang panjang dari aktivitas dan ide baru yang muncul dengan mengagumkan: pengendalian kualitas, perencanaan kualitas, perbaikan berkesinambungan, pencegahan cacat, statistical process

control, supplier certification, quality circles, quality audit, jaminan mutu, quality function development, metode Taguchi, competitive benchmarking, six sigma, dll.

Setelah Perang Dunia II, muncul dua kekuatan utama yang memiliki dampak yang amat besar pada kualitas.

Kekuatan pertama adalah revolusi Jepang dalam kualitas. Sebelum Perang Dunia II, banyak produk Jepang yang dirasakan, oleh seluruh dunia, berkualitas jelek. Untuk membantu penjualan produknya di pasar internasional, orang-orang Jepang melakukan langkah revolusioner untuk memperbaiki kualitas.:

1. manajer tingkat atas hingga bawah mengambil tanggung jawab memimpin revolusi
2. semua level dan fungsi menerima pelatihan dalam disiplin kualitas
3. proyek perbaikan kualitas dilakukan pada basis yang berkesinambungan.

Keberhasilan orang Jepang telah menjadi hal yang melegenda.

Kekuatan kedua yang berdampak pada kualitas adalah keunggulan kualitas produk di mata publik. Beberapa tren menyoroti keunggulan ini: kasus kekurangan produk, perhatian pada lingkungan, beberapa bencana alam besar, tekanan oleh organisasi konsumen, dan ketakutan pada peraturan kualitas dalam hal perdagangan, senjata, dan bidang lainnya dalam persaingan internasional. Hal-hal tsb semakin didorong oleh penghargaan nasional seperti Baldrige and European Quality Award.

Selama abad 20, pengetahuan yang penting dalam pencapaian kualitas terbaik telah muncul. Banyak orang yang berperan pada pengetahuan ini, seperti: Juran, Deming, Feigenbaum, Crosby, dan Ishikawa.

J. M. Juran menekankan pentingnya pendekatan yang seimbang dengan konsep manajerial, statistik, dan teknologi mengenai kualitas. Dia merekomendasikan kerangka kerja operasional dalam tiga proses kualitas, yaitu perencanaan kualitas (quality planning), pengendalian kualitas (quality control), dan perbaikan kualitas (quality improvement).

W. Edward Deming juga memfokuskan pada pandangan lebar mengenai kualitas, yang dia rangkum dalam 14 titik yang ditujukan pada manajemen organisasi. 14 titik ini bersandar pada sistem pengetahuan yang dalam yang memiliki empat bagian: pendekatan

sistem, pengetahuan mengenai variasi statistik, sifat dan lingkup pengetahuan, dan psikologi untuk memahami perilaku manusia.

A. V. Feigenbaum menekankan konsep pengendalian kualitas total melalui seluruh fungsi organisasi. Pengendalian kualitas total juga berarti perencanaan dan pengendalian. Dia berpendapat bahwa sistem kualitas diciptakan untuk menyediakan prosedur teknis dan manajerial untuk memastikan kepuasan pelanggan dan biaya ekonomis kualitas.

Philip Crosby mendefinisikan kualitas sebagai “kesesuaian terhadap tuntutan” dan menekankan bahwa standar kinerja satu-satunya adalah zero defect (tanpa cacat). Kegiatannya menunjukkan bahwa semua level pekerja dapat dimotivasi untuk menjalankan perbaikan namun motivasi tidak akan berhasil kecuali disediakan tool untuk menunjukkan bagaimana untuk memperbaiki.

Kaoru Ishikawa menunjukkan kepada orang Jepang bagaimana menggabungkan banyak tool perbaikan kualitas, khususnya tool yang lebih sederhana dalam analisis dan penyelesaian masalah.

Pendekatan-pendekatan ahli-ahli kualitas tersebut memiliki persamaan dan perbedaan – khususnya dalam usaha manajerial, statistik, teknologi, dan elemen.

PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK

Selama setengah abad terakhir, kualitas dan manajemen kualitas telah mengalami evolusi yang kini dikenal dengan *Total Quality Management (TQM)*. Secara umum filosofi *TQM* berisi dua komponen yang saling berhubungan, yaitu sistem manajemen dan sistem teknik. Sistem manajemen berkaitan dengan perencanaan, pengorganisasian, pengendalian, dan pengelolaan proses sumber daya manusia yang berkaitan dengan kualitas produk. Sistem teknik melibatkan penjaminan kualitas dalam disain produk, perencanaan dan disain proses, dan pengendalian bahan baku, WIP, dan produk jadi.

Di bawah payung *TQM* tersebut terdapat beberapa alat dan teknik yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, atau jasa. Pengendalian kualitas statistik (*statistical quality control*) adalah salah satu teknik dalam *TQM* yang digunakan untuk mengendalikan dan mengelola proses baik manufaktur maupun jasa melalui penggunaan metode statistik (Besterfield, 1998). Penerapan metode-metode

statistik dalam perbaikan kualitas produk tidak dapat berhasil tanpa dukungan manajemen, keterlibatan karyawan, dan kerja tim. Semuanya itu juga hanya berjalan dalam sistem manajemen.

Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengelola, dan memperbaiki produk dan proses menggunakan metode statistik. Pengendalian kualitas statistik (*statistical quality control*) sering disebut sebagai pengendalian proses statistik (*statistical process control*). Pengendalian kualitas statistik dan pengendalian proses statistik memang merupakan dua istilah yang dapat saling dipertukarkan, yang apabila dilakukan bersama-sama maka pemakai akan melihat gambaran kinerja proses masa kini dan masa mendatang (Cawley dan Harrold, 1999). Hal ini disebabkan pengendalian proses statistik dikenal sebagai alat yang bersifat on-line untuk menggambarkan apa yang sedang terjadi dalam proses saat ini. Pengendalian kualitas statistik menyediakan alat-alat off-line untuk mendukung analisis dan pembuatan keputusan yang membantu menentukan apakah proses dalam keadaan stabil dan dapat diprediksi setiap tahapannya, hari demi hari, dan dari pemasok ke pemasok.

KONSEP KUALITAS

Definisi Manajemen Kualitas

Satu cara meningkatkan kinerja secara terus-menerus (*continuously performance improvement*) pada setiap level operasi proses, dalam setiap area fungsional suatu organisasi, dengan menggunakan semua sumberdaya manusia dan modal yang tersedia

Definisi Perencanaan Kualitas

Penetapan dan pengembangan tujuan dan kebutuhan untuk kualitas serta penerapan sistem kualitas. Melibatkan beberapa aktivitas antara lain:

1. Mengidentifikasi pelanggan
2. Mengidentifikasi kebutuhan pelanggan
3. Menciptakan keistimewaan produk yang dapat memenuhi kebutuhan pelanggan
4. Menciptakan proses yang mampu menghasilkan keistimewaan produk dibawah kondisi operasioanl yang ada

5. Mentransfer/mengalihkan proses ke operasional

Definisi Pengendalian Kualitas

Teknik-teknik dan aktivitas operasional yang digunakan untuk memenuhi persyaratan kualitas. Melibatkan beberapa aktivitas antara lain:

1. Mengevaluasi kinerja aktual
2. Membandingkan aktual dengan target
3. Mengambil tindakan atas perbedaan antara aktual dan target

Definisi Jaminan Kualitas

Semua tindakan terencana dan sistematis yang diimplementasikan dan didemonstrasikan guna memberikan kepercayaan yang cukup bahwa produk akan memuaskan kebutuhan untuk kualitas tertentu

Definisi Jaminan Kualitas

Tindakan-tindakan yang diambil guna meningkatkan nilai produk untuk pelanggan melalui peningkatan efektivitas dan efisiensi dari proses dan aktivitas melalui struktur organisasi

Konsep kualitas dibagi menjadi dua, yaitu konsep kualitas berdasarkan pandangan tradisional dan konsep kualitas berdasarkan pandangan modern. Tabel 2.1 menunjukkan perbedaan konsep kualitas pandangan tradisional dan pandangan modern:

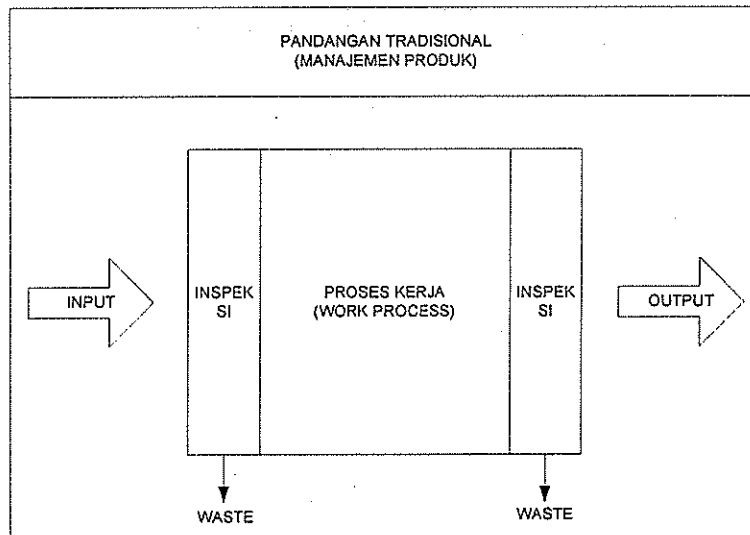
Tabel 2. 1 Pandangan tradisional dan modern tentang kualitas

No	Pandangan Tradisional	Pandangan Modern
1	Memandang kualitas sebagai isu teknis	Memandang kualitas sebagai isu bisnis
2	Usaha perbaikan kualitas dikoordinasi oleh manajer kualitas	Usaha perbaikan kualitas dikoordinasi oleh manajemen puncak
3	Memfokuskan pada fungsi atau departemen produksi	Kualitas mencakup semua fungsi atau departemen dalam organisasi
4	Produktivitas kualitas merupakan sasaran yang bertentangan	Produktivitas dan kualitas merupakan sasaran yang berkesesuaian, karena hasil-hasil produktivitas melalui peningkatan atau perbaikan kualitas
5	Kualitas didefinisikan sebagai konformansi terhadap spesifikasi atau standar. Membandingkan produk terhadap spesifikasi	Kualitas didefinisikan sebagai persyaratan untuk memuaskan kebutuhan pengguna produk atau pelanggan (customers). Membandingkan produk terhadap kompetensi dan produk terbaik di pasar.

6	Kualitas diukur melalui derajat konformasi, menggunakan ukuran-ukuran internal	Kualitas diukur melalui perbaikan proses/produk dan kepuasan pengguna produk atau pelanggan secara terus-menerus dengan menggunakan ukuran kualitas berdasarkan pelanggan.
7	Kualitas dicapai melalui inspeksi secara intensif terhadap produk	Kualitas ditentukan melalui desain produk dan dicapai melalui teknik pengendalian yang efektif serta memberikan kepuasan selama masa pakai produk itu.
8	Beberapa kerusakan atau cacat diijinkan, jika standar kualitas telah memenuhi kualitas minimum	Cacat dan kerusakan dicegah sejak awal melalui teknik pengendalian proses yang efektif
9	Kualitas adalah fungsi terpisah dan berfokus pada evaluasi produksi	Kualitas adalah bagian dari setiap fungsi dalam semua tahap siklus hidup produk
10	Pekerja dipermalukan apabila menghasilkan kualitas jelek	Manajemen bertanggung jawab untuk kualitas
11	Hubungan dengan pemasok bersifat jangka pendek dan berorientasi pada biaya	Hubungan dengan pemasok bersifat jangka panjang dan berorientasi pada kualitas

Sumber : Gasperz, 2002

Aplikasi konsep kualitas berdasarkan pandangan tradisional dan pandangan modern digambarkan dalam gambar 2.1 :

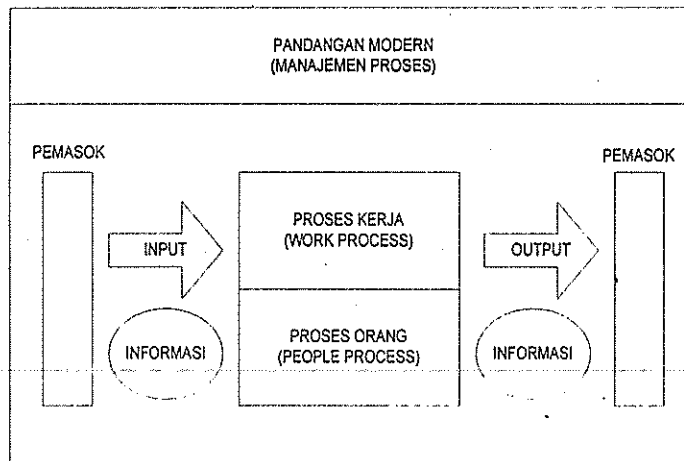


Gambar 2. 1 Konsep kualitas berdasarkan pandangan tradisional (Vincent Gasperz, 2002)

Jaminan kualitas melalui inspeksi :

- Inspeksi kedatangan material atau bahan baku
- Inspeksi produk yang dihasilkan
- Meningkatkan kualitas inspeksi yang lebih ketat dan meningkatkan biaya

- Kualitas merupakan tanggung jawab dari departemen jaminan kualitas



Gambar 2. 2 Konsep kualitas berdasarkan pandangan modern

Kualitas dirancang atau didesain melalui pencegahan (*prevention*) :

- Mengintegrasikan rantai pemasok pelanggan (*customers-suppliers chain*)
- Meningkatkan kualitas melalui sistem
 - Proses informasi pelanggan
 - Proses kerja
 - Proses orang

Daftar Pustaka

- a. Gasperz , Vincent, *Total Quality Management*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2002.
- b. Ishikawa, Kaoru, *Teknik Penuntun Pengendalian Mutu*, PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta, 1986.
- c. John S. Oakland. *Total Quality Management*, Butterwort Heinemann, 1993
- d. Richard Barret Clements, *Quality Guide to ISO 9000*, Prentice Hall, 1993
- e. Tjiptono, Fandy, *Total Quality Management*, Penerbit Andi Yogyakarta, 2000.

BAB III

**PENGENDALIAN
KUALITAS
PROSES STATISTIK
(*STATISTICAL PROCESS
CONTROL*)**

Tujuan Instruksional Khusus :

- 1. Mahasiswa dapat memahami teknik-teknik perbaikan kualitas**
- 2. Mahasiswa dapat menjelaskan dan menggunakan seven tools**

Statistik adalah seni pengambilan keputusan tentang suatu proses atau populasi berdasarkan suatu analisis informasi yang terkandung didalam suatu sampel dari populasi itu. Metode statistik memainkan peranan penting dalam jaminan kualitas. Metode statistik itu memberikan cara-cara pokok dalam pengambilan sampel produk, pengujian serta evaluasinya dan informasi didalam data itu digunakan untuk mengendalikan dan meningkatkan proses pembuatan. Lagipula statistik adalah bahasa yang digunakan oleh insinyur pengembangan, pembuatan, perusahaan, manajemen, dan komponen-komponen fungsional bisnis yang lain untuk berkomunikasi tentang kualitas (Montgomery, 1993).

Untuk menjamin proses produksi dalam kondisi baik dan stabil atau produk yang dihasilkan selalu dalam daerah standar, perlu dilakukan pemeriksaan terhadap titik origin dan hal-hal yang berhubungan, dalam rangka menjaga dan memperbaiki kualitas produk sesuai dengan harapan. Hal ini disebut *Statistical Process Control (SPC)*. Untuk menganalisis variasi dan mengontrol proses diperlukan data, dan data ini terdiri dari data variabel (data kuantitatif) dan data atribut (data kualitatif).

A. SEVEN TOOLS

Dalam pengendalian proses statistik dikenal adanya "*seven tools*". *Seven tools* dari pengendalian proses statistik ini adalah metode grafik paling sederhana untuk menyelesaikan masalah. *Seven tools* tersebut adalah :

- Lembar pengamatan (*check sheet*)
- Stratifikasi (*run chart*)
- Histogram
- Grafik kendali (*control chart*)
- Diagram pareto
- Diagram sebab akibat (*cause and effect diagram*)
- Diagram sebar (*scatter diagram*)

1. Lembar Pengamatan (*Check Sheet*)

Lembar pengamatan adalah lembar yang digunakan untuk mencatat data produk termasuk juga waktu pengamatan, permasalahan yang dicari dan jumlah cacat pada setiap permasalahan.

Product Number: XXXXXX		Line Name: ABC				
Product Name: XYZ		Process Name: XYZ				
Defective Item	2/5 (A)	2/6 (T)	2/7 (V)	2/8 (T)	2/9 (F)	TOTAL
Mold cracked						21
Fibers						6
Grit						14
Pinholes						9
Cracks						2
Other						7
Total	13	14	15	11	6	61

Gambar 3.1 Contoh *Check Sheet*

2. Stratifikasi (*Run Chart*)

Stratifikasi adalah suatu upaya untuk mengurai atau mengklasifikasi persoalan menjadi kelompok atau golongan sejenis yang lebih kecil atau menjadi unsur-unsur tunggal dari persoalan.

3. Histogram

Histogram adalah diagram batang yang menunjukkan tabulasi dari data yang diatur berdasarkan ukurannya. Tabulasi data ini umumnya dikenal sebagai distribusi frekuensi. Histogram menunjukkan karakteristik-karakteristik dari data yang dibagi-bagi menjadi kelas-kelas. Pada histogram frekuensi, sumbu x menunjukkan nilai pengamatan dari tiap kelas.

Histogram dapat berbentuk “normal” atau berbentuk seperti lonceng yang menunjukkan bahwa banyak data yang terdapat pada nilai rata-ratanya. Bentuk histogram yang miring atau tidak simetris menunjukkan bahwa banyak data yang tidak berada pada nilai rata-ratanya tetapi kebanyakan datanya berada pada batas atas atau bawah.

Fungsi dari histogram adalah sebagai berikut :

Menentukan apakah suatu produk dapat diterima atau tidak.

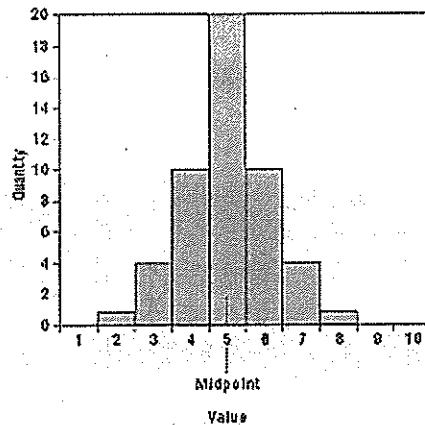
Menentukan apakah proses produk sudah sesuai atau belum.

Menentukan apakah diperlukan langkah-langkah perbaikan.

Raw Data (X Values)

5	3	7	2	5	4	5	6	6	5
4	5	6	5	4	5	4	4	5	6
3	6	5	6	6	6	6	5	5	6
6	5	5	5	3	5	6	5	7	5
7	4	4	4	5	7	3	5	4	4

X Value	Quantity
2	1
3	4
4	10
5	20
6	10
7	4
8	1



Gambar 3.2 Contoh Histogram

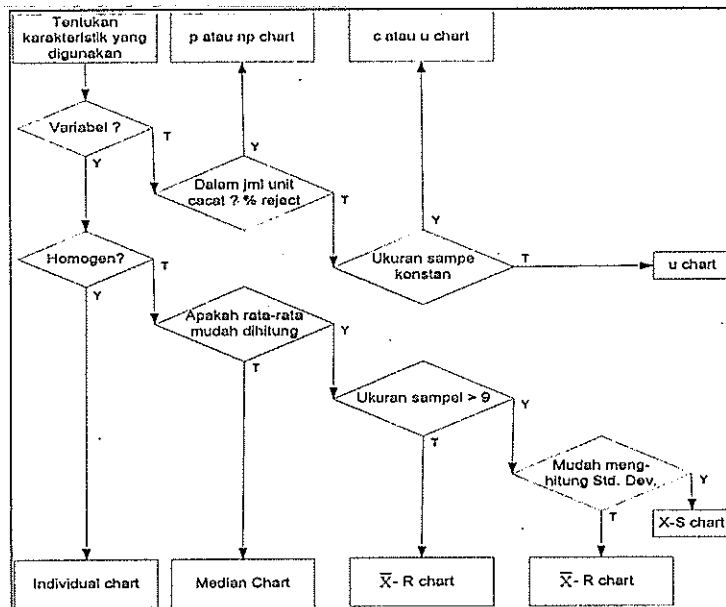
4. Grafik Kendali (*Control Chart*)

Grafik Kendali adalah suatu alat yang secara grafis digunakan untuk memonitor apakah suatu aktivitas dapat diterima sebagai proses yang terkendali. Grafik Kendali terkadang disebut dengan *Shewhart Control Charts* karena grafik ini pertama kali dibuat oleh Walter A. Shewhart.

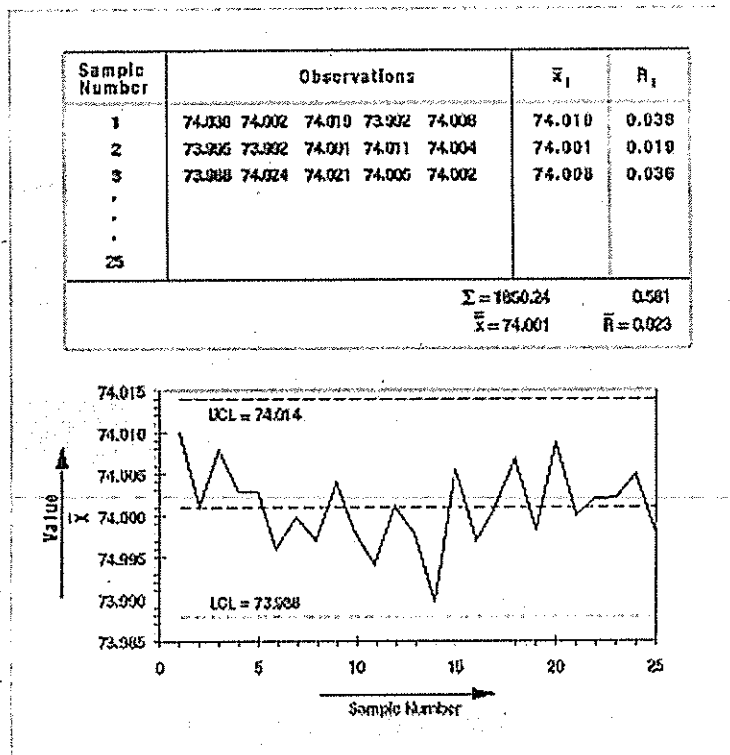
Nilai dari karakteristik kualitas yang dimonitor, digambarkan sepanjang sumbu y, sedangkan sumbu x menggambarkan sampel atau subgroup dari karakteristik kualitas tersebut. Sebagai contoh karakteristik kualitas adalah panjang rata-rata, diameter rata-rata, dan waktu pelayanan rata-rata. Semua karakteristik tersebut dinamakan variabel dimana nilai numeriknya dapat diketahui. Sedangkan atribut adalah karakteristik kualitas

yang ditunjukkan dengan jumlah produk cacat, jumlah ketidaksesuaian dalam satu unit, serta jumlah cacat per unit.

Terdapat tiga garis pada Grafik Kendali. *Center Line* atau garis tengah adalah garis yang menunjukkan nilai rata-rata dari karakteristik kualitas yang diplot pada grafik. *Upper Limit Control* atau batas pengendali atas dan *Lower Limit Control* atau batas pengendali bawah digunakan untuk membuat keputusan mengenai proses. Jika terdapat data yang berada di luar batas pengendali atas dan batas pengendali bawah serta pada pola data tidak acak atau random maka dapat diambil kesimpulan bahwa data berada di luar kendali statistik.



Gambar 3.3 Prosedur Pemilihan Grafik Kendali

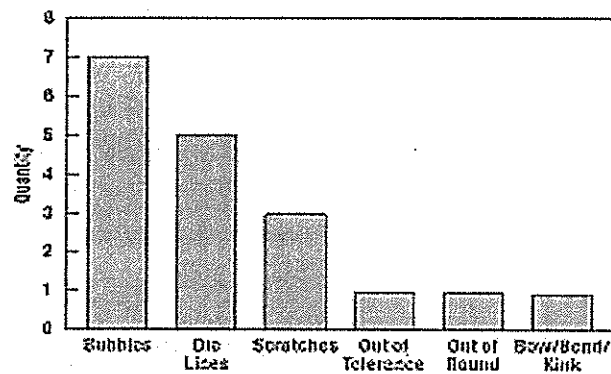


Gambar 3.4 Contoh Grafik Kendali

5. Diagram Pareto

Diagram Pareto pertama kali diperkenalkan oleh Alfredo Pareto dan digunakan pertama kali oleh Joseph Juran. Fungsi diagram Pareto adalah untuk mengidentifikasi atau menyeleksi masalah utama untuk peningkatan kualitas. Diagram ini menunjukkan seberapa besar frekuensi berbagai macam tipe permasalahan yang terjadi dengan daftar masalah pada sumbu x dan jumlah/frekuensi kejadian pada sumbu y. Kategori masalah diidentifikasi sebagai masalah utama dan masalah yang tidak penting.

Prinsip Pareto adalah 80 % masalah (ketidaksiuaian atau cacat) disebabkan oleh 20 % penyebab. Prinsip Pareto ini sangat penting karena prinsip ini mengidentifikasi kontribusi terbesar dari variasi proses yang menyebabkan performansi yang jelek seperti cacat. Pada akhirnya, diagram Pareto membantu pihak manajemen untuk secara cepat menemukan permasalahan yang kritis dan membutuhkan perhatian secepatnya sehingga dapat segera diambil kebijakan untuk mengatasinya.



Gambar 3.5 Contoh Diagram Pareto

6. Diagram Sebab Akibat (*Cause and Effect Diagram*)

Diagram Sebab Akibat juga disebut *Ishikawa Diagram* karena diagram ini diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1943. Selain itu juga dikenal dengan nama *Fishbone Diagram* karena bentuknya seperti tulang ikan. Diagram ini terdiri dari sebuah panah horizontal yang panjang dengan deskripsi masalah. Penyebab-penyebab masalah digambarkan dengan garis radial dari garis panah yang menunjukkan masalah.

Kegunaan dari Diagram Sebab Akibat adalah :

Menganalisis sebab dan akibat suatu masalah.

Menentukan penyebab permasalahan.

Menyediakan tampilan yang jelas untuk mengetahui sumber-sumber variasi.

Terdapat tiga macam jenis dari aplikasi *Cause Effect Diagram* yang sering dipakai, yaitu :

Cause Enumeration (berdasarkan jenis penyebab)

Cause Enumeration merupakan salah satu teknik yang luas digunakan dalam pengendalian kualitas. Teknik ini juga menggunakan *brainstorming* yang dapat memungkinkan semua penyebab yang ada dicantumkan untuk menunjukkan pengaruhnya pada permasalahan (dampak) yang ditanyakan. Prosedur penggunaan terdiri dari

Mendefinisikan permasalahan atau karakteristik kualitas yang dipilih untuk penelitian sehingga setiap orang akan mengetahui apa yang sedang dipecahkan.

Selanjutnya, penyebab utama yang mempengaruhi karakteristik dicatat.

Sebab-sebab pendukung (*subcauses*) dari sebab utama diurutkan.

Menganalisis penyebab yang mungkin mempengaruhi karakteristik yang diteliti.

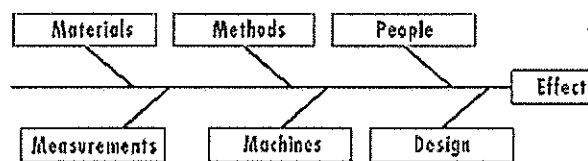
Keuntungan dari penggunaannya adalah susunan proses yang ditunjukkan memberikan pemahaman yang lebih mudah terhadap hubungan yang terjadi dalam proses dan memberikan pemahaman yang lebih baik terhadap proses itu sendiri.

Dispersion Analysis (berdasarkan lima faktor utama, *4M & 1E*)

Dalam *dispersion analysis*, setiap sebab utama akan dianalisis dengan meneliti sebab-sebab pendukung dan pengaruhnya terhadap karakteristik kualitas. Tujuan *dispersion analysis* adalah untuk menganalisis alasan dari variabilitas yang terjadi.

Process Analysis (berdasarkan proses yang dilalui)

Yang perlu diperhatikan adalah penulisan penyebab yang secara teratur atau sering terjadi didalam suatu proses operasi, penyebab yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas harus dicatat secara detail di setiap langkah atau tahapan proses produksi.

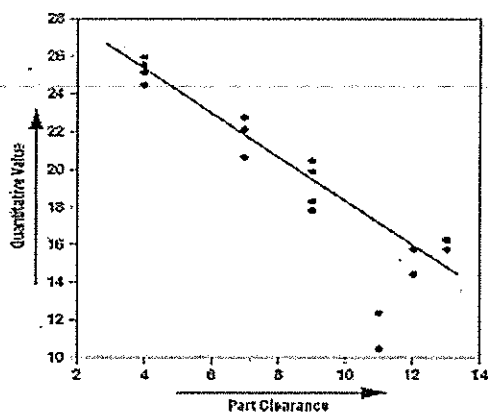


Gambar 3.6 Contoh Diagram Sebab Akibat

7. Diagram Sebar (*Scatter Diagram*)

Scatter diagram adalah grafik yang menampilkan hubungan antara dua variabel apakah hubungan antara dua variabel tersebut kuat atau tidak yaitu antara faktor proses yang mempengaruhi proses dengan kualitas produk. Pada sumbu x terdapat nilai dari variabel independen, sedangkan pada sumbu y menunjukkan nilai dari variabel dependen.

Data Point	Part Clearance	Value as Measured Quantitatively
1	13	15.8
2	13	16.3
3	12	14.5
4	12	15.3
5	11	12.4
6	11	10.5
7	9	20.0
8	9	20.6
9	9	18.4
10	9	17.9
11	7	20.8
12	7	20.7
13	7	22.2
14	7	22.8
15	4	25.2
16	4	24.6
17	4	25.6
18	4	26.0



Gambar 3.7 Contoh Diagram Pencar

B. NEW SEVEN TOOLS

Dalam berbagai situasi manajemen, tidak semua data yang diperlukan untuk memecahkan masalah tersedia. Pengembangan sebuah produk baru merupakan sebuah ilustrasi. Cara ideal untuk mengembangkan produk baru ialah mengidentifikasi persyaratan pelanggan, menerjemahkan persyaratan ini ke dalam persyaratan rekayasa, kemudian menerjemahkan persyaratan rekayasa ke dalam persyaratan produksi. Demikian pula dalam mengembangkan sebuah metode manufaktur untuk memperoleh produktivitas yang lebih baik. Dalam kedua kasus ini data yang diperlukan tidak selalu tersedia dan data yang tersedia seringkali hanya ada didalam pikiran orang yang berkepentingan, dinyatakan dalam bahasa verbal yang bukan dalam angka matematik. Data verbal seperti itu harus ditata ulang menjadi bentuk yang berarti sehingga dapat diambil keputusan yang masuk akal.

Berbagai situasi pemecahan masalah dalam manajemen memerlukan kolaborasi diantara orang dari departemen yang berbeda. Di sini juga, data keras jarang ada dan data yang tersedia kemungkinan besar subyektif.

Ketujuh alat baru untuk peningkatan mutu (new seven tools) yang dipakai untuk rancangan desain ini terbukti berguna dibidang penyempurnaan mutu produk, penekanan biaya, pengembangan produk baru, dan penyebarluasan kebijakan. New seven tools merupakan alat paling efektif untuk manajer, staf dan insinyur saat ini.

Tujuh alat baru untuk peningkatan mutu (N7), dikembangkan oleh *Japanese Society for Quality Control Technique Development*, merupakan pelengkap dari tujuh alat untuk pengendali mutu yang telah ada.

Ketujuh alat baru untuk peningkatan mutu tersebut terdiri atas:

1. Diagram Afinitas,
2. Diagram Hubungan,
3. Diagram Pohon,
4. Diagram Matriks Analisa Data,
5. Diagram Matriks,
6. Diagram Panah, dan
7. Bagan Proses Keputusan Program.

1. Diagram Afinitas (*Affinity Chart / K-J Method*)

Metode ini pertama kali dikemukakan oleh seorang antropolog dari Jepang yang bernama Jiro Kawakita pada tahun 1960-an. Metode ini memerlukan kreatifitas dan intuisi yang kuat dari tim yang ada karena merupakan sebuah ajang sumbang saran. Metode ini cocok digunakan untuk analisa data verbal, misalnya hasil survey. Diagram Afinitas berfungsi untuk mengatur dan mengorganisasi ide atau pendapat dalam jumlah yang besar ke dalam hubungan alamiahnya.

Diagram Afinitas dipergunakan untuk mengembangkan ide yang terkait dengan suatu isu/kasus, kemudian mengelompokkan ide-ide tersebut secara hierarkis membentuk suatu diagram. Pembuatan diagram ini melibatkan beberapa orang. Diagram Afinitas berbentuk pernyataan isu, sub-isu, dan pendapat terkait, yang selanjutnya dapat dipakai sebagai dasar untuk diskusi atau *brainstorming*.

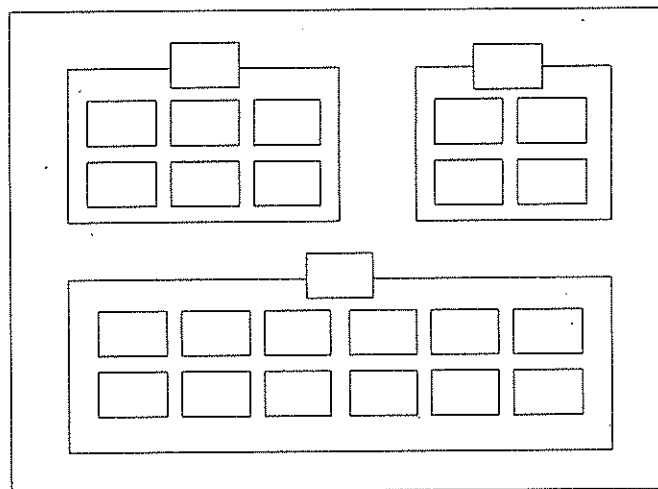
Diagram Afinitas digunakan saat:

masalah yang ada sangat kompleks dan sulit untuk dimengerti
masalah yang ada terlalu besar dan tidak dapat dimunculkan
dibutuhkan dukungan dan konsensus dari kelompok yang lain.

Langkah – langkah penyusunan diagram afinitas :

- a. Identifikasi masalah yang ada
- b. Setiap individu menuliskan isu-isu yang berhubungan dengan masalah yang ada pada kartu-kartu yang kecil
- c. Atur kartu-kartu tersebut ke dalam kelompok-kelompok yang logis
- d. Beri nama setiap kelompok
- e. Kemudian gambar Diagram Afinitas
- f. Diskusikan hasilnya

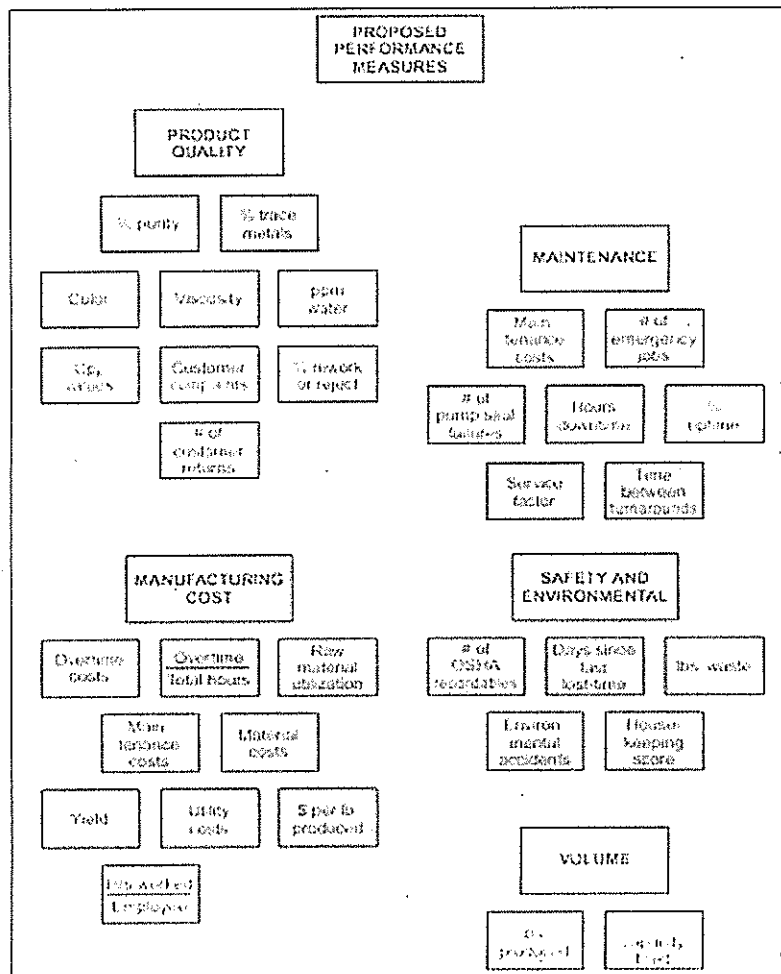
Contoh *Affinity Diagram* :



Gambar 3.8 Diagram Afinitas

Tabel 3.1 Ukuran performansi yang dapat digunakan

Possible Performance Measures	
% purity	# of OSHA recordables
% trace metals	# of customer returns
Maintenance costs	Customer complaints
# of emergency jobs	Overtime/total hours worked
lbs. produced	\$/lb. produced
Environmental accidents	Raw material utilization
Material costs	Yield
Overtime costs	Utility cost
# of pump seal failures	ppm water
Viscosity	Color
Cp _k values	Service factor
Safety	Time between turnarounds
Days since last lost-time	Hours worked/employee
% rework or reject	lbs. waste
Hours downtime	Housekeeping score
% uptime	% capacity filled



Gambar 3.9 Diagram Ukuran Performansi yang disarankan

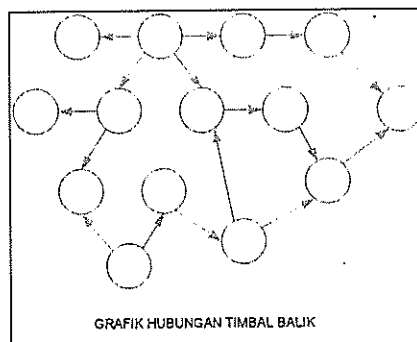
2. Diagram Hubungan (*Relation Diagram*)

Relation Diagram ini biasanya juga disebut *Interrelationship Diagram* atau *Digraph*, *Network Diagram*. Diagram ini menerangkan inter-relasi dalam situasi kompleks, melibatkan berbagai faktor interelasi, membantu untuk menjelaskan hubungan sebab akibat antar berbagai faktor, dan membantu dalam menganalisa hubungan natural antara aspek-aspek yang berbeda pada situasi yang kompleks. Biasanya dibuat setelah menyelesaikan Diagram Afinitas untuk memudahkan memahami hubungan diantara berbagai itu yang muncul. Grafik ini juga bermanfaat untuk mengidentifikasi isu atau faktor yang paling penting untuk menjadikan fokus dalam mencari solusi suatu masalah.

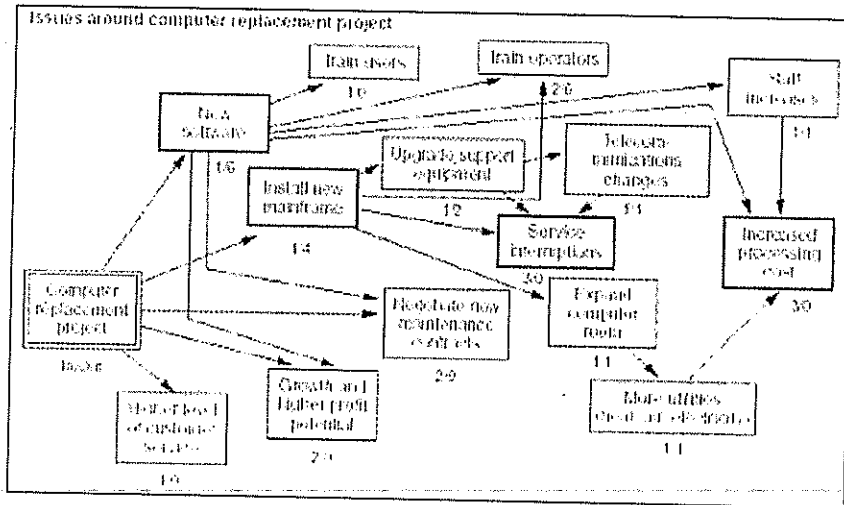
Diagram Hubungan digunakan saat:

- a. mencoba untuk mengerti hubungan antar ide atau hubungan sebab akibat
- b. ingin menganalisa penyebab isu yang kompleks
- c. solusi yang kompleks diimplementasikan
- d. setelah membuat *Affinity Diagram* sehingga diketahui hubungannya

Contoh *Relation Diagram* :



Gambar 3.10 Diagram relasi (timbang balik)



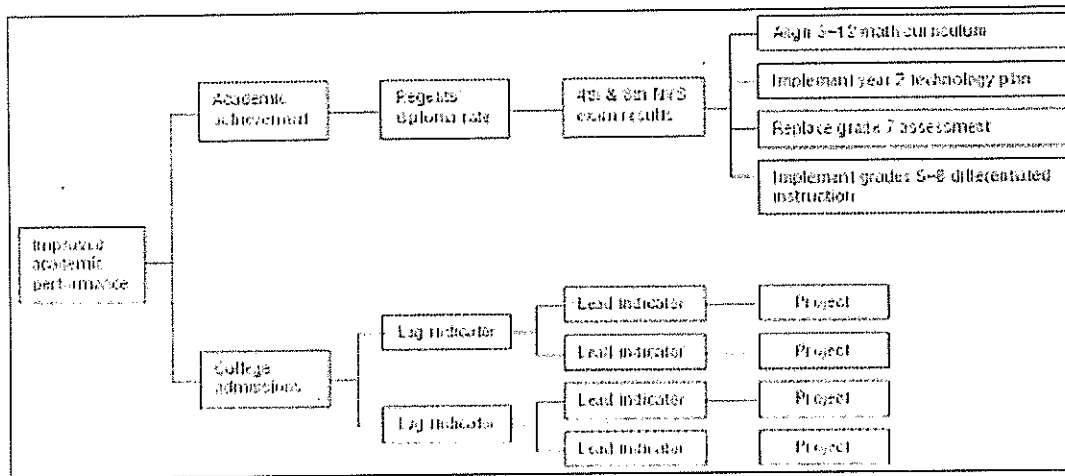
Gambar 3.11 Diagram relasi pada kasus *computer replacement project*

3. Diagram Pohon (*Tree Diagram*)

Diagram pohon ini biasanya juga disebut *Diasystematic diagram*, *tree analysis*, *analytical tree*, *hierarchy diagram*. Diagram pohon adalah kelanjutan konsep nilai rekayasa analisis fungsional. Alat ini dipakai untuk menunjukkan interelasi antara sasaran dan ukuran. Selain itu dapat digunakan juga untuk mengidentifikasi tahapan yang diperlukan dalam memecahkan suatu masalah. Bentuk diagram pohon mirip dengan struktur produk dalam perencanaan kebutuhan material (MRP) dengan mengganti komponen produk dengan komponen tahapan penyelesaian isu / masalah. Penyelesaian masalah dilakukan dari level paling bawah secara bertahap menuju ke level atas (masalah pokok).

Berfungsi untuk mem-*breakdown* atau menguraikan hal – hal yang umum menjadi mendetail dan lebih spesifik.

Contoh :



Gambar 3.12 Contoh diagram pohon

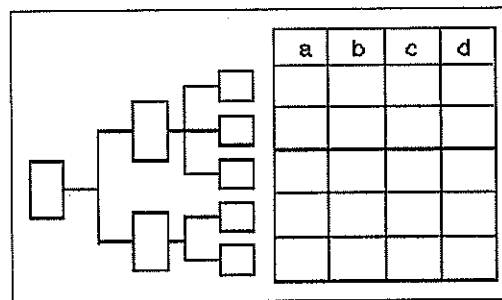
4. Diagram Matriks Analisa Data (*Prioritization Grid*)

Digunakan untuk membuat keputusan yang membutuhkan analisa dari berbagai kriteria atau alternative pilihan. Misalkan dalam memilih suatu teknologi terdapat berbagai pertimbangan, seperti biaya, kecepatan, pemeliharaan, dan lain-lain. Prioritas dilakukan dengan memberikan bobot pada setiap kriteria dan mencari alternatif dengan nilai tertimbang yang terbesar. Diagram ini dipakai bila bagan matriks tidak menyediakan informasi mendetail yang memadai. Ini merupakan metode satu-satunya alat dalam Tujuh Alat Baru yang berdasarkan analisa data dan memberikan hasil dalam angka-angka.

Langkah pembuatan Diagram Matriks Analisa Data:

- a. Identifikasi tujuan
- b. Urutkan kriteria yang ada dari yang paling tidak penting hingga yang paling penting
- c. Berikan bobot untuk masing-masing kriteria dan pastikan bahwa jumlah total bobotnya adalah sama dengan 1
- d. Jumlahkan rating individual untuk masing-masing kriteria
- e. Urutkan masing-masing pilihan dengan mempertimbangkan kriteria yang ada
- f. Kalikan bobot kriteria dengan rankingnya untuk masing-masing kriteria pada matriks.
- g. Jumlahkan nilai kepentingannya untuk masing-masing alternatif
- h. Urutkan alternatif yang ada sesuai dengan tingkat kepentingannya

Contoh :



Gambar 3.13 Diagram matriks analisa data

5. Diagram Matriks (*Matrix Chart*)

Berfungsi untuk menunjukkan hubungan antara dua, tiga, atau empat kelompok informasi, dan dari diagram ini dapat diperoleh informasi tentang hubungan tersebut, antara lain kekuatannya, aturan main, atau pengukurannya. Setelah matriks dibuat maka dilakukan analisis matrik yang berfungsi untuk mendapatkan pilihan yang terbaik dengan cara analisis matriks yang menggunakan perbandingan berganda antara daftar pilihan dengan kriteria yang ada. Jenis dari matriks diagram ada beberapa jenis antara lain L, T, Y, X, C *shape matrixs* dan *roof-shaped* tergantung dari berapa kelompok yang dibandingkan.

Langkah pembuatan :

- Bagilah faktor-faktor yang ada yang sangat penting untuk membuat keputusan
- Pilihlah jenis bentuk matriks yang akan membantu memberikan hasil yang terbaik
- Pilihlah simbol yang akan digunakan untuk menggambarkan hubungan
- Lengkapilah dan selesaikan matriks dengan memperhitungkan faktor-faktor yang ada dan simbol yang ada.
- Analisis matriks yang sudah selesai.

Tabel 3.2 Aturan Penggunaan Masing – Masing Jenis Matriks Diagram

L-shaped	2 groups	$A \leftrightarrow B$ (or $A \leftrightarrow A$)
T-shaped	3 groups	$B \leftrightarrow A \leftrightarrow C$ but not $B \leftrightarrow C$
Y-shaped	3 groups	$A \leftrightarrow B \leftrightarrow C \leftrightarrow A$
C-shaped	3 groups	All three simultaneously (3-D)
X-shaped	4 groups	$A \leftrightarrow B \leftrightarrow C \leftrightarrow D \leftrightarrow A$ but not $A \leftrightarrow C \leftrightarrow B \leftrightarrow D$
Roof-shaped	1 group	$A \leftrightarrow A$ when also $A \leftrightarrow B$ in L or T

Contoh :

L-Shaped Matrix

	Customer <i>D</i>	Customer <i>M</i>	Customer <i>R</i>	Customer <i>T</i>
Purity %	> 99.2	> 99.2	> 99.4	> 99.0
Trace metals (ppm)	< 5	—	< 10	< 25
Water (ppm)	< 10	< 5	< 10	—
Viscosity (cp)	20-35	20-30	10-50	15-35
Color	< 10	< 10	< 15	< 10
Drum		✓		
Truck	✓			✓
Railcar			✓	

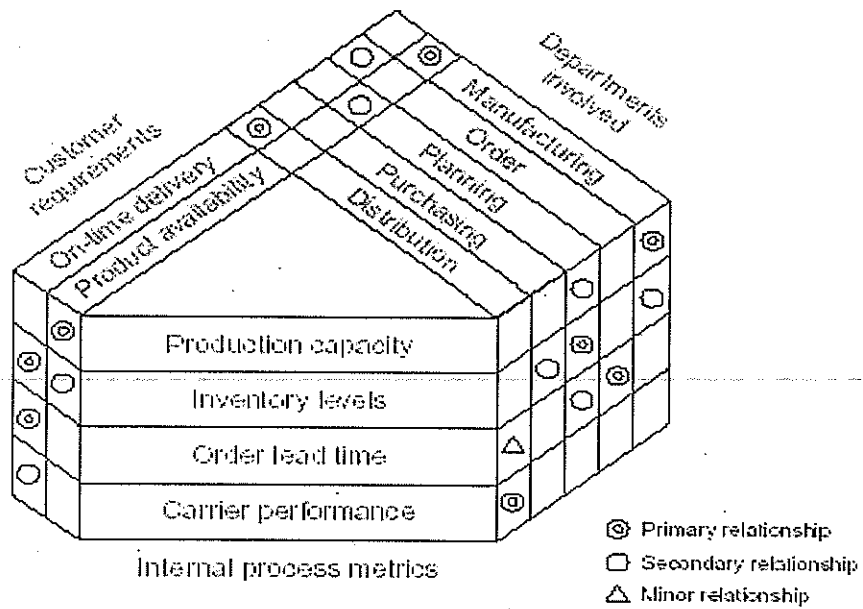
Gambar 3.14 *L-Shaped Matrix 1 (Customer requirements)*

L-Shaped Matrix

Texas plant	●		○	○
Mississippi plant		●		○
Alabama plant	○			●
Arkansas plant		○	●	
● Large volume ○ Small volume	Model A	Model B	Model C	Model D
Zig Corp.		●		
Arlo Co.	○	○	○	●
Lyle Co.			○	○
Time Inc.	●			●

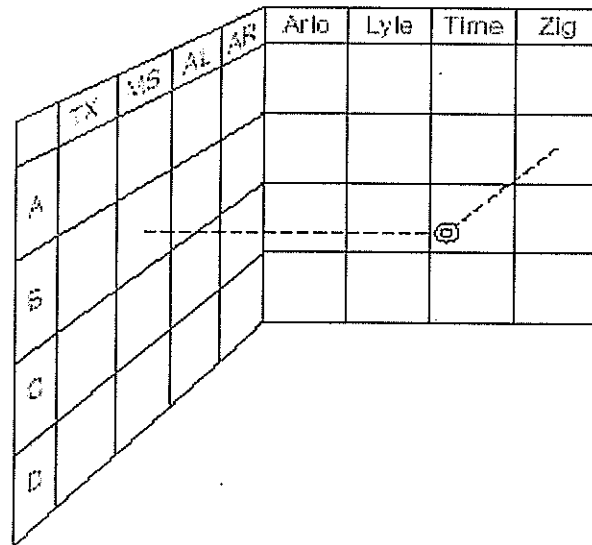
Gambar 3.15 *L-Shaped Matrix 2*

Y-Shaped Matrix



Gambar 3.16 Y-Shaped Matrix
(Responsibilities for Performance to Customer Requirements)

C-Shaped Matrix



Gambar 3.17 C-Shaped Matrix

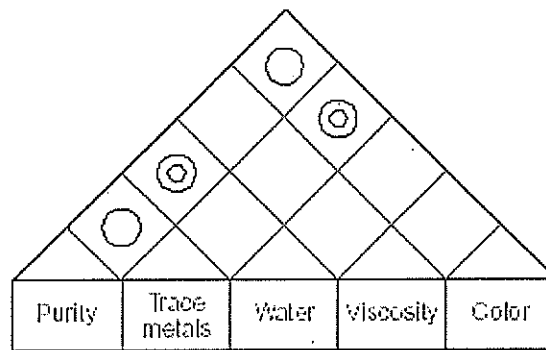
X-Shaped Matrix

○		●	○	Texas plant	●		○	○
	○	●	●	Mississippi plant		●		○
		●	●	Alabama plant	○			●
○	○		○	Arkansas plant		○	●	
Red Lines	Zig Inc.	World-wide	Trans South		Model A	Model B	Model C	Model D
		●	○	Zig Corp.		●		
			●	Arlo Co.	○	○	○	●
○	○			Lyle Co.			○	○
	○	●		Time Inc.	●			●

● Large volume
○ Small volume

Gambar 3.18 X-Shaped Matrix
(Manufacturing Sites—Products—Customers—Freight Lines)

Roof-Shaped Matrix



Gambar 3.19 Roof-Shaped Matrix

<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Strong relationship ○ Moderate relationship △ Weak or potential relationship □ No relationship 	<ul style="list-style-type: none"> - Positive relationship ○ Neutral relationship — Negative relationship
<ul style="list-style-type: none"> S Supplier C Customer D Doer O Owner 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ Item on left influences item at top — Item at top influences item on left <p>The arrows usually are placed next to another symbol indicating the strength of the relationship</p>

Gambar 3.20 Simbol yang sering digunakan dalam Roof-shaped Matrix

6. Diagram Panah (*Arrow Diagram*)

Diagram Panah dalam penggunaannya mempunyai beberapa nama lain, antara lain : *Activity Network Diagram, Network Diagram, Activity Chart, Node Diagram, CPM (Critical Path Method) Chart*.

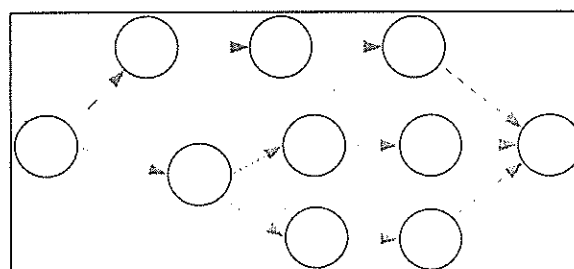
Diagram Panah merupakan diagram yang menggambarkan hubungan diantara berbagai kegiatan serta mengidentifikasi kegiatan kritis dan lintasan kritis. Ini sering digunakan dalam PERT (*Program Evaluation and Riview Technique* = Program Evaluasi dan Teknik Revisi) dan CPM (*Critical Path Metode* = Metode Jarak Kritis). Di sini dipakai sebuah jaringan gambar untuk menunjukkan langkah yang diperlukan dalam mengimplementasikan sebuah rencana.

Berfungsi untuk menunjukkan hal-hal yang harus dilakukan, penjadwalan yang terbaik, penjadwalan potensial, dan sumber masalah serta solusinya dalam suatu pekerjaan, proyek, atau proses.

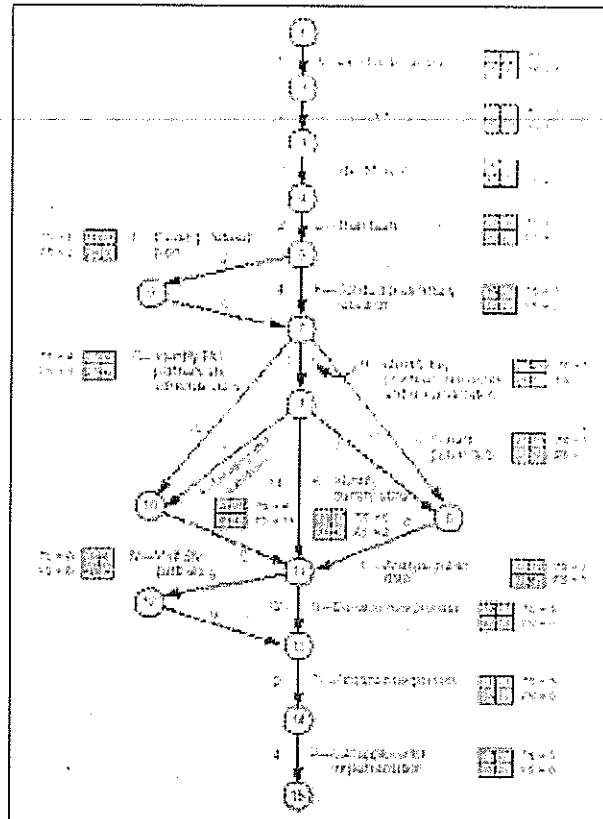
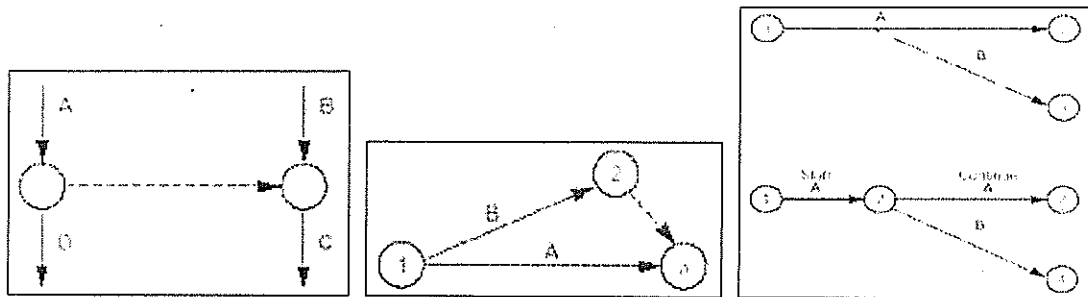
Langkah pembuatan :

- a. Daftar semua tugas
- b. Perhitungkan waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing pekerjaan atau tugas yang ada
- c. Untuk setiap tugas, perhitungkan kapan harus dimulai dan selesai
- d. Gambar *network diagram*-nya
- e. Hitung waktu ES (*early start*) dan EF (*early finish*) untuk masing-masing tugas
- f. Hitung waktu LF (*late start*) dan LF (*late finish*) untuk masing-masing tugas
- g. Hitung waktu *slack*
- h. Buatlah jalur kritisnya.

Contoh :



Gambar 3.21 Diagram aliran kerja



Gambar 3.22 Contoh Diagram Aliran Kerja

7. PDPC (*Process Decision Program Chart* = Bagan Proses keputusan program)

Merupakan suatu alat untuk membantu mengidentifikasi kemungkinan ketidakpastian yang berhubungan dengan penerapan program. Berdasarkan Diagram Pohon yang telah dibuat, maka selanjutnya dilakukan evaluasi kelayakan penerapan program. Tahap atau keadaan yang tidak layak atau memerlukan penanganan sendiri diberi tanda untuk menjadi perhatian. Bagan Program Keputusan Proses ini merupakan implikasi operasi riset. Berhubung program implementasi untuk mencapai sasaran khusus tidak selalu berjalan sesuai dengan rencana dan karena perkembangan tidak

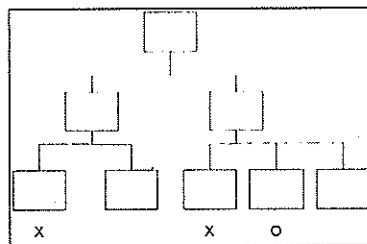
terduga akan mengakibatkan konsekuensi serius, PDPC telah dikembangkan bukan saja untuk memperoleh kesimpulan optimal tetapi untuk mencegah kejutan.

Berfungsi untuk mengidentifikasi secara sistematis apa yang dapat menjadi salah dalam pengembangan perencanaan.

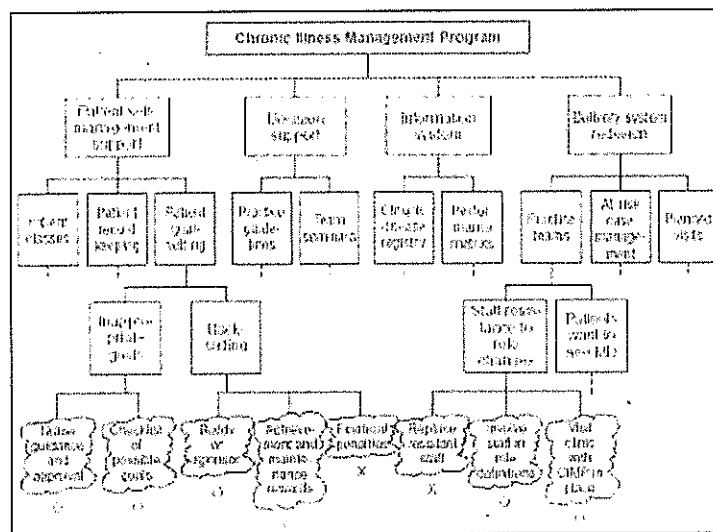
Langkah pembuatan :

- a. Daftarlaha langkah pada proses yang akan dianalisa
- b. Daftarlaha apa yang dapat terjadi kesalahan pada setiap langkahnya
- c. Daftarlaha hitungan ukuran masalah
- d. Evaluasi jumlah ukuran dengan memberi tanda O untuk masalah yang fisibel dan tanda X untuk yang tidak fisibel

Contoh :



Gambar 3.23 Contoh *Process Decision Program Chart*



Gambar 3.24 Contoh *Program Chart (2)*

Daftar Pustaka

- a. Amitaya Mitra, *Fundamentals of Quality Control and Improvement*, Macmilan Publishing Company, 1993
 - b. Douglas C. Mongometry., *Introduction to Statistical Quality Control*”, John Willey ang Sons Inc, 1985
 - c. Eugene L. Grant; Richard S. Leavenworth, *Statistical Quality Control*, McGraw Hill, Inc, 1988
 - d. Ishikawa, Kaoru, *Teknik Penuntun Pengendalian Mutu*, PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta, 1986.
-

BAB IV

PETA KENDALI ATRIBUT

Tujuan Instruksional Khusus :

- 1. Mahasiswa dapat membuat peta kendali atribut**

Suatu produk dapat diklasifikasikan berdasarkan atributnya, yaitu baik atau buruk, cacat atau tidak cacat. Cacat (*defect*) merupakan suatu ketidaksesuaian individual dalam suatu proses/produk yang disebabkan kegagalan dalam memenuhi satu atau lebih spesifikasi yang ditetapkan. Dengan demikian, suatu produk yang cacat akan mengandung paling tidak satu cacat individual. Grafik pengendali atribut dikelompokkan dalam 3 kategori:

Meliputi grafik pengendali yang fokus pada proporsi, contoh: proporsi dari item cacat (*u-Chart*), dan jumlah dari item cacat (*nu-Chart*). Kedua diagram diatas didasarkan pada distribusi binomial.

Berhubungan dengan 2 macam diagram, yang berfokus pada cacat itu sendiri. Diagram untuk jumlah total ketidaksesuaian (*c-Chart*) yang didasarkan pada distribusi poisson, chart untuk cacat per unit (*u-Chart*) dapat digunakan pada situasi dimana ukuran unit sampel bervariasi.

Diagram untuk *demerits* per unit (*U-Chart*), berkaitan dengan pengkombinasian ketidaksesuaian berbasis berat.

Berikut merupakan keuntungan dari grafik atribut :

- Karakteristik kualitas tertentu yang lebih baik dengan atribut.
- Hemat waktu dan biaya.
- Dalam tingkat pabrik, digunakan untuk menentukan proporsi dari item-item cacat.
- Dalam tingkat departemen, untuk menunjuk areal permasalahan.
- Atribut *chart* membantu mengarahkan permasalahan dari yang umum ke tingkat lebih fokus.

Selain itu ada pula kerugian dari grafik atribut, antara lain: Informasi atribut hanya menunjukkan apakah karakteristik kualitas tertentu berada dalam batasan spesifikasi, serta grafik atribut tidak menunjukkan tingkat dari nilai data, dan tidak menyediakan informasi dari kinerja proses.

A. PETA KENDALI PROPORSI (*p-CHART*)

Sampel yang diambil harus konstan dan itemnya diasumsikan bebas (independen). Peta kendali p ini merupakan peta kendal yang serba guna. Digunakan untuk mengkontrol

kemampuan karakteristik kualitas. Peta kendali p juga dapat digunakan untuk mengukur kualitas operator mesin, stasiun kerja, sebuah departemen. Peta kendali p digunakan untuk data atribut dengan ukuran lot yang tidak sama. Peta kendali p berdasar pada distribusi binomial. Untuk proporsi sampel diberikan rumus :

$$\hat{p} = \frac{\text{jumlah cacat}}{\text{jumlah diperiksa}}$$

Sedangkan untuk batas-batas kendali untuk peta kendali diberikan oleh:

$$\text{Garis Tengah} = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{n}$$

$$\text{BPA}_i = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

$$\text{BPB}_i = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

Contoh penerapan: jumlah produk yang ditolak pada pemeriksaan dengan ukuran lot berbeda komponen elektronik karena tidak sesuai spesifikasi.

Contoh:

Departemen *Quality Control* pada PT. Coca Cola mencatat banyak ditemukan cacat pada produk tersebut. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka Departemen QC melakukan proses pengendalian kualitas dengan menggunakan SPC yaitu grafik kendali p (*p-Chart*). Berikut merupakan data pengamatan pada line 8 “Production Departement” untuk pembuatan minuman berkarbonansi Fanta, Sprite, dan Coca Cola 295 ml produksi Bottling Indonesia Central Java. Adapun jenis cacat yang terjadi adalah :

- a. *Filling Height* : Jenis caact ini dikarenakan pengisian *baverage* pada botol yang tidak sesuai standart yang telah ditetapkan.
- b. *No Crown* : Cacat ini diakibatkan karena setelah botol yang telah diisi dengan *baverage* tidak ditutup dengan menggunakan *crown* (tutup tekan) ataupun *closure* (tutup putar) atau *crown* tidak terpasang dengan tepat.

- c. *Breakage of Fulls* : Cacat ini dikarenakan adanya botol yang pecah saat diambil dari gudang penyimpanan dan tidak dapat digunakan lagi untuk proses produksi. Botol-Botol yang pecah ini dikumpulkan untuk kemudian didaur ulang.
- d. *Test Laborat* : Jenis cacat ini menunjukkan kondisi produk yang tidak memenuhi persyaratan untuk dipasarkan berkaitan dengan kandungan dari minuman tersebut.
- e. *Dirty Bottle of Fulls* : Cacat ini dikarenakan adanya botol yang kotor saat diambil dari gudang penyimpanan.

Data jumlah cacat yang ada ditampilkan pada Tabel 4.1.

Buatlah peta kendali-p dari data tersebut, dan tentukan apakah proses dalam keadaan terkendali?

Solusi. Pertama kita tentukan dulu batas-batas kendali tengah, atas, dan bawah.

$$\text{Garis Tengah} = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{n}$$

$$\text{BPA}_1 = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

$$\text{BPB}_1 = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

Contoh perhitungan untuk baris ke-1:

Jumlah yang diperiksa = 336392

Jumlah cacat = 344

$$\text{Proporsi} = \frac{336392}{344} = 0.001023$$

$$\text{Garis Tengah} = \frac{22250}{1394850} = 0.001595$$

$$\text{BPA}_1 = 0.001595 + 3 \sqrt{\frac{0.001595(1-0.001595)}{336392}} = 0.001802$$

$$\text{BPB}_1 = 0.001595 - 3 \sqrt{\frac{0.001595(1-0.001595)}{336392}} = 0.001389$$

Tabel 4.1 Jumlah Cacat Harian Quality Control PT. Coca Cola Bottling Indonesia

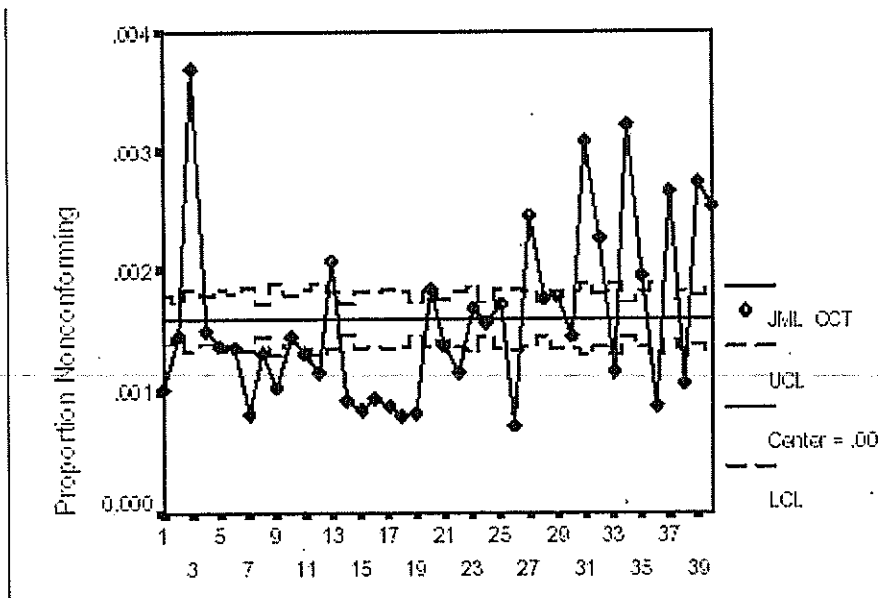
No	Tanggal	Jumlah yang diperiksa(n)	Bagian tidak sesuai	Filling height	No crown	Breakage full	Test laborat	Dirty full
1	01-Jul-06	336392	344	193	82	32	32	5
2	02-Jul-06	659616	960	422	373	39	68	58
3	02-Jul-06	218847	807	611	101	58	31	6
4	08-Jul-06	355249	534	207	216	78	30	3
5	08-Jul-06	218605	301	155	100	23	19	4
6	08-Jul-06	305095	415	235	105	18	52	5
7	09-Jul-06	200638	166	69	60	14	20	3
8	10-Jul-06	822123	1083	625	258	73	102	25
9	12-Jul-06	162168	168	93	25	35	13	2
10	13-Jul-06	354684	516	264	102	96	49	5
11	14-Jul-06	235270	310	198	34	49	26	3
12	14-Jul-06	163462	190	100	34	36	20	0
13	15-Jul-06	245356	508	356	97	25	28	2
14	16-Jul-06	1003745	929	587	156	81	93	12
15	17-Jul-06	246042	210	95	72	0	30	13
16	19-Jul-06	265357	253	151	58	15	25	4
17	20-Jul-06	222941	197	146	12	15	22	2
18	20-Jul-06	268608	216	133	34	18	26	5
19	21-Jul-06	753185	617	0	240	49	80	248
20	22-Jul-06	258572	476	303	131	20	22	0
21	22-Jul-06	491407	679	351	192	84	50	2
22	26-Jul-06	272548	316	138	122	14	38	4
23	27-Jul-06	208646	352	184	130	36	2	0
24	28-Jul-06	686419	1075	628	289	91	50	17
25	28-Jul-06	223080	384	210	122	29	23	0
26	29-Jul-06	216207	159	68	30	18	28	15
27	30-Jul-06	266551	655	440	164	19	27	5
28	31-Jul-06	759666	1338	803	269	151	58	57
29	03-Agust-06	246417	441	367	39	9	23	3
30	03-Agust-06	247995	363	221	81	15	32	14
31	03-Agust-06	162037	500	145	312	2	20	21
32	04-Agust-06	279755	635	495	98	10	27	5
33	04-Agust-06	162957	189	61	82	31	13	2
34	05-Agust-06	680846	2198	1481	500	76	75	66
35	06-Agust-06	255957	501	330	127	15	26	3
36	09-Agust-06	164473	145	78	15	25	22	5
37	10-Agust-06	547375	1447	720	528	104	49	46
38	11-Agust-06	246670	262	126	82	33	20	1
39	12-Agust-06	328783	895	556	265	26	36	12
40	12-Agust-06	204796	516	293	147	48	22	6
	Jumlah	13948540	22250	12638	5884	1610	1429	689

Perhitungan lainnya akan menghasilkan

No	n	x	Mean	PI	q	SD	BPA	BPB
1	336392	344	0,001595	0,001023	0,998405	0,000069	0,001802	0,001389
2	659616	960	0,001595	0,001455	0,998405	0,000049	0,001743	0,001448
3	218847	807	0,001595	0,003688	0,998405	0,000085	0,001851	0,001339
4	355249	534	0,001595	0,001503	0,998405	0,000067	0,001796	0,001394
5	218605	301	0,001595	0,001377	0,998405	0,000085	0,001851	0,001339
6	305095	415	0,001595	0,001360	0,998405	0,000072	0,001812	0,001378
7	200638	166	0,001595	0,000827	0,998405	0,000089	0,001862	0,001328
8	822123	1083	0,001595	0,001317	0,998405	0,000044	0,001727	0,001463
9	162168	168	0,001595	0,001036	0,998405	0,000099	0,001892	0,001298
10	354684	516	0,001595	0,001455	0,998405	0,000067	0,001796	0,001394
11	235270	310	0,001595	0,001318	0,998405	0,000082	0,001842	0,001348
12	163462	190	0,001595	0,001162	0,998405	0,000099	0,001891	0,001299
13	245956	508	0,001595	0,002070	0,998405	0,000081	0,001837	0,001353
14	1003745	929	0,001595	0,000926	0,998405	0,000040	0,001715	0,001476
15	246042	210	0,001595	0,000854	0,998405	0,000080	0,001837	0,001354
16	265357	253	0,001595	0,000953	0,998405	0,000077	0,001828	0,001363
17	222941	197	0,001595	0,000884	0,998405	0,000085	0,001849	0,001342
18	268608	216	0,001595	0,000804	0,998405	0,000077	0,001826	0,001364
19	753185	617	0,001595	0,000819	0,998405	0,000046	0,001733	0,001457
20	258572	476	0,001595	0,001841	0,998405	0,000078	0,001831	0,001360
21	491407	679	0,001595	0,001382	0,998405	0,000057	0,001766	0,001424
22	272548	316	0,001595	0,001159	0,998405	0,000076	0,001824	0,001366
23	208646	352	0,001595	0,001687	0,998405	0,000087	0,001857	0,001333
24	686419	1075	0,001595	0,001566	0,998405	0,000048	0,001740	0,001451
25	223080	384	0,001595	0,001721	0,998405	0,000084	0,001849	0,001342
26	216207	159	0,001595	0,000735	0,998405	0,000086	0,001853	0,001338
27	266551	655	0,001595	0,002457	0,998405	0,000077	0,001827	0,001363
28	759666	1338	0,001595	0,001761	0,998405	0,000046	0,001733	0,001458
29	246417	441	0,001595	0,001790	0,998405	0,000080	0,001836	0,001354
30	247995	363	0,001595	0,001464	0,998405	0,000080	0,001836	0,001355
31	162037	500	0,001595	0,003086	0,998405	0,000099	0,001893	0,001298
32	279755	635	0,001595	0,002270	0,998405	0,000075	0,001822	0,001369
33	162957	189	0,001595	0,001160	0,998405	0,000099	0,001892	0,001299
34	680846	2198	0,001595	0,003228	0,998405	0,000048	0,001740	0,001450
35	255957	501	0,001595	0,001957	0,998405	0,000079	0,001832	0,001359
36	164473	145	0,001595	0,000882	0,998405	0,000098	0,001890	0,001300
37	547375	1447	0,001595	0,002644	0,998405	0,000054	0,001757	0,001433
38	246670	262	0,001595	0,001062	0,998405	0,000080	0,001836	0,001354
39	328783	895	0,001595	0,002722	0,998405	0,000070	0,001804	0,001366
40	204796	516	0,001595	0,002520	0,998405	0,000088	0,001860	0,001331
JUMLAH	1394850	22250	0,063806	0,063925	39,93619		0,072764	0,054846
	Prata2	0,00159						

Selanjutnya plot nilai-nilai p_i dan batas-batas tersebut sehingga didapatkan peta kendali-p. Inferensi dari peta tersebut adalah: karena terdapat titik-titik data yang berada di luar

batas kendali, maka dapat disimpulkan bahwa proses berada dalam kondisi tidak terkendali.



B. PETA KENDALI JUMLAH (*np-CHART*)

Sebagai alternatif untuk menghitung proporsi cacat, kita dapat menghitung jumlah item cacat dalam sampel dan menggunakan perhitungan itu sebagai dasar dari peta kendali. Tidak ada penarikan kembali dari *np-Chart*. Jumlah item cacat dalam sampel diasumsikan untuk diberikan dalam distribusi binomial. Prinsip yang sama juga digunakan untuk grafik jumlah cacat dan pembentukan *np-Chart* serupa dengan pembentukan *p-Chart*. Jika ukuran sampel berubah, garis sumbu dan batas kendali akan berubah pula.

$$\bar{np} = \frac{\text{Total Jumlah yang ditolak}}{\text{Jumlah lot yang diperiksa}}$$

$$\text{BKA} = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

$$\text{BKB} = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

Distribusi yang berlaku distribusi binomial.

Contoh penerapan : Jumlah produk yang ditolak pada pemeriksaan dengan ukuran lot berbeda komponen elektronik karena tidak sesuai spesifikasi.

Contoh:

Dengan menggunakan contoh di atas, kita dapat membuat peta kendali np yang menyatakan jumlah bagian yang cacat.

np = jumlah cacat

$$n\bar{p} = 336392 \times 0.001595 = 536.5954$$

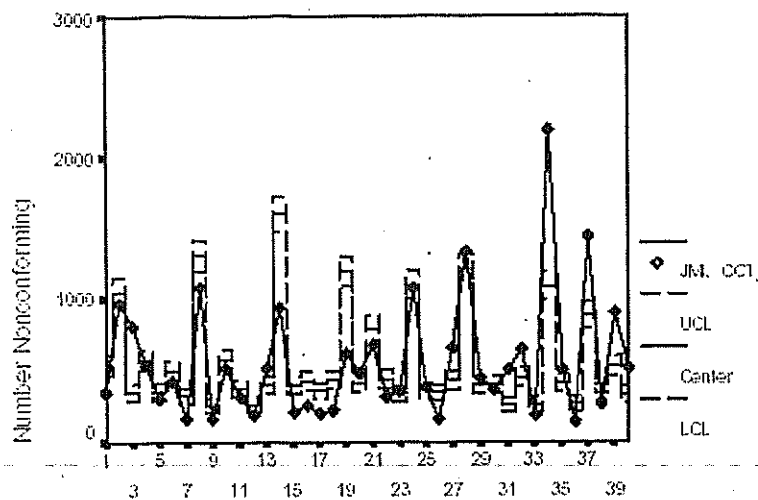
$$\begin{aligned} \text{BKA} &= n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \\ &= 536.5954 + 3\sqrt{536.5954(1-0.001595)} \\ &= 606.0335 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BKB} &= n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \\ &= 536.5954 - 3\sqrt{536.5954(1-0.001595)} \\ &= 467.1572 \end{aligned}$$

Perhitungan lainnya akan memberikan hasil seperti berikut ini:

No	n	x	mean	Pi	nPrata	q	SD	BPA	BPB
1	336392	344	0,001595	0,001023	536,5954	0,998405	23,14605	606,0335	467,1572
2	659818	960	0,001595	0,001455	1052,186	0,998405	32,41153	1149,42	954,9512
3	218847	807	0,001595	0,003688	349,0936	0,998405	18,66914	405,101	293,0862
4	355249	534	0,001595	0,001503	566,6751	0,998405	23,78594	638,0329	495,3173
5	218605	301	0,001595	0,001377	348,7076	0,998405	18,65881	404,684	292,7311
6	305095	415	0,001595	0,001360	486,672	0,998405	22,04304	552,8011	420,5429
7	200638	166	0,001595	0,000827	320,0475	0,998405	17,8756	373,6743	266,4207
8	822123	1083	0,001595	0,001317	1311,409	0,998405	36,18448	1419,962	1202,855
9	162168	168	0,001595	0,001036	258,6821	0,998405	16,07077	306,8944	210,4698
10	354684	516	0,001595	0,001455	565,7738	0,998405	23,76702	637,0749	494,4728
11	235270	310	0,001595	0,001318	375,2907	0,998405	19,35696	433,3616	317,2198
12	163462	190	0,001595	0,001162	260,7463	0,998405	16,13476	309,1505	212,342
13	245356	508	0,001595	0,002070	391,3794	0,998405	19,76753	450,682	332,0766
14	1003745	929	0,001595	0,000926	1601,123	0,998405	39,98211	1721,069	1481,177
15	246042	210	0,001595	0,000954	392,4737	0,998405	19,79514	451,8591	333,0882
16	285357	253	0,001595	0,000953	423,284	0,998405	20,55745	484,9563	361,6116
17	222941	197	0,001595	0,000884	355,6241	0,998405	18,84295	412,153	299,0953
18	288808	216	0,001595	0,000904	428,4698	0,998405	20,683	490,5188	366,4208
19	753185	617	0,001595	0,000819	1201,442	0,998405	34,63417	1305,345	1097,54
20	258572	476	0,001595	0,001841	412,4609	0,998405	20,29293	473,3397	351,5821
21	491407	679	0,001595	0,001382	783,8674	0,998405	27,97529	867,7933	689,9415
22	272548	316	0,001595	0,001159	434,7547	0,998405	20,83413	497,2571	372,2523
23	208646	352	0,001595	0,001687	332,8215	0,998405	18,22884	387,508	278,1349
24	886419	1075	0,001595	0,001566	1094,941	0,998405	33,06348	1194,131	995,7501
25	223080	384	0,001595	0,001721	355,8458	0,998405	18,84883	412,3923	299,2994
26	216207	159	0,001595	0,000735	344,8824	0,998405	18,55619	400,551	289,2138
27	286551	655	0,001595	0,002457	425,1886	0,998405	20,60365	486,9995	363,3776
28	759666	1338	0,001595	0,001761	1211,78	0,998405	34,78286	1316,129	1107,432
29	246417	441	0,001595	0,001790	393,0718	0,998405	19,81022	452,5025	333,6412
30	247995	363	0,001595	0,001464	395,589	0,998405	19,87355	455,2096	335,9683
31	162037	500	0,001595	0,003086	258,4732	0,998405	16,06427	306,666	210,2803
32	279755	635	0,001595	0,002270	446,2509	0,998405	21,1078	509,5743	382,9275
33	162957	189	0,001595	0,001160	259,9407	0,998405	16,10981	308,2701	211,6113
34	680846	2198	0,001595	0,003228	1086,051	0,998405	32,92899	1184,838	987,2639
35	255957	501	0,001595	0,001957	408,2896	0,998405	20,19005	468,8597	347,7194
36	164473	145	0,001595	0,000882	262,3589	0,998405	16,18457	310,9127	213,8052
37	547375	1447	0,001595	0,002644	873,1447	0,998405	29,52544	961,721	784,5684
38	246670	262	0,001595	0,001062	393,4754	0,998405	19,82039	452,9366	334,0142
39	328783	895	0,001595	0,002722	524,4579	0,998405	22,88277	593,1062	455,8096
40	204796	516	0,001595	0,002520	326,6801	0,998405	18,05987	380,8598	272,5005
	13948540	22250	0,06380	0,06392	22250	39,93619404		24974,33	19525,67
	Prata2	0,00159							

Selanjutnya plot nilai-nilai np ke dalam peta kendali dengan batas-batas yang telah ditentukan.



C. PETA KENDALI JUMLAH KETIDAK SESUAIAN (*c-CHART*)

u-Chart dan *c-Chart* berhubungan dengan item cacat. *c-Chart* digunakan untuk melacak jumlah total ketidaksesuaian dalam sampel-sampel dengan ukuran tetap. Jika ukuran sampel bervariasi digunakan *u-Chart* untuk melacak jumlah ketidaksesuaian per unit. Dalam membangun *c-Chart* dan *u-Chart*, ukuran sampel juga mengacu pada daerah peluang (single atau multiple).

$$\bar{c} = \frac{\text{Jumlah kesalahan atau cacat total}}{\text{Jumlah pemeriksaan}}$$

$$\text{BKA} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{BKB} = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Distribusi yang berlaku Poisson

Contoh penerapan :

- Setiap lima meter kain mempunyai jumlah cacat (noda) berapa ?
- Jumlah gelembung pada botol kaca.

Contoh:

Pada PT. X yang memproduksi minuman kaleng, dilakukan proses quality control pada tiap proses produksinya. Sebelum itu, perusahaan telah menyediakan check sheet yang berfungsi untuk mengetahui cacat apa atau ketidaksesuaian apa yang ada pada masing-

masing kaleng minuman. Hasilnya adalah seperti ditampilkan pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Berdasarkan data tersebut, buatlah grafik kendali-c dan berikan inferensi apakah proses dalam kondisi terkendali atau tidak.

Tabel 4.2 Data Jumlah Cacat Ketidaksesuaian Harian PT Coca Cola Bottling Indonesia

No	Tanggal	Jumlah Yang Diperiksa (n)	Jenis Ketidaksesuaian						Bagian Ketidaksesuaian (D)
			Lecet dalam	Lecat luar	Penyok	Kotor dalam	Kotor luar	Out Of Standard	
1	01-Feb-06	41444	25	15	6	0	3	8	57
2	02-Feb-06	3999	7	8	2	9	35	40	101
3	03-Feb-06	23616	15	49	14	16	2	4	100
4	04-Feb-06	29508	16	17	15	5	6	11	70
5	05-Feb-06	10666	13	14	2	6	9	13	57
6	06-Feb-06	93276	20	15	3	9	14	11	72
7	07-Feb-06	33057	6	8	20	3	9	7	53
8	08-Feb-06	31198	14	14	16	17	9	10	80
9	09-Feb-06	57241	16	29	18	13	18	16	110
10	10-Feb-06	4035	15	15	12	10	6	7	65
11	11-Feb-06	22199	2	4	9	3	3	4	25
12	12-Feb-06	1645	6	9	8	10	13	16	62
13	13-Feb-06	34254	14	15	13	10	11	16	79
14	14-Feb-06	29581	17	15	13	11	12	13	81
15	15-Feb-06	53384	17	18	18	14	13	12	92
16	16-Feb-06	48235	14	14	16	13	11	10	78
17	17-Feb-06	18123	9	10	17	13	11	9	69
18	18-Feb-06	1176	4	8	6	0	4	0	22
19	19-Feb-06	11176	8	9	0	1	0	0	18
20	20-Feb-06	31158	16	17	14	12	11	5	75
21	21-Feb-06	38071	7	8	19	20	10	0	64
22	22-Feb-06	36695	13	8	9	0	0	0	30
23	23-Feb-06	4936	13	18	17	19	10	11	88
24	24-Feb-06	16111	16	17	20	6	3	4	66
25	25-Feb-06	36792	8	9	12	13	14	5	61
26	26-Feb-06	17629	8	20	13	18	0	0	59
27	27-Feb-06	70448	17	18	20	6	7	8	76
28	28-Feb-06	53399	10	6	13	14	17	5	65
29	01-Mar-06	49627	35	25	10	6	16	4	96
30	02-Mar-06	55	12	8	4	9	3	2	38
31	03-Mar-06	93966	55	43	35	26	4	6	169
32	04-Mar-06	35082	17	13	15	5	7	11	68

33	05-Mar-06	3291	11	14	10	6	9	13	63
34	06-Mar-06	55822	20	15	63	9	42	11	160
35	07-Mar-06	35804	6	18	20	33	9	7	93
36	08-Mar-06	13384	14	14	16	17	9	10	80
37	09-Mar-06	2023	4	2	0	3	0	1	10
38	10-Mar-06	46794	15	15	12	10	16	13	81
39	11-Mar-06	69554	23	78	25	13	13	14	166
40	12-Mar-06	67132	16	19	20	21	14	6	96
41	13-Mar-06	3904	16	14	12	10	13	11	76
42	14-Mar-06	89313	27	35	13	21	14	13	123
43	15-Mar-06	63525	17	18	16	14	0	12	77
44	16-Mar-06	20405	14	2	0	13	9	10	48
45	17-Mar-06	1143	9	5	17	3	11	0	45
46	18-Mar-06	87939	44	8	6	12	4	2	76
47	19-Mar-06	64992	8	9	14	23	0	0	54
48	20-Mar-06	54884	25	14	15	13	11	5	83
49	21-Mar-06	58191	17	18	19	16	10	13	93
50	22-Mar-06	83586	16	14	9	13	14	2	68
51	23-Mar-06	55531	23	28	17	19	11	10	108
52	24-Mar-06	22064	25	17	20	16	13	4	95
53	25-Mar-06	77721	28	9	23	13	15	6	94
54	26-Mar-06	77473	16	0	13	18	3	0	50
55	27-Mar-06	481	17	4	20	6	27	8	82
56	28-Mar-06	44936	10	16	13	14	21	5	79
57	29-Mar-06	31352	13	5	7	16	22	6	69
58	30-Mar-06	75805	14	16	4	17	6	14	71
59	31-Mar-06	71455	3	5	20	6	7	16	57
	Total	2310306	916	908	833	692	614	480	4.443

Solusi. Pertama kita menghitung garis tengah, batas kendali atas, dan batas kendali bawah. Berikut contoh perhitungan untuk baris 1.

$$c = \text{jumlah ketidaksesuaian} = 57$$

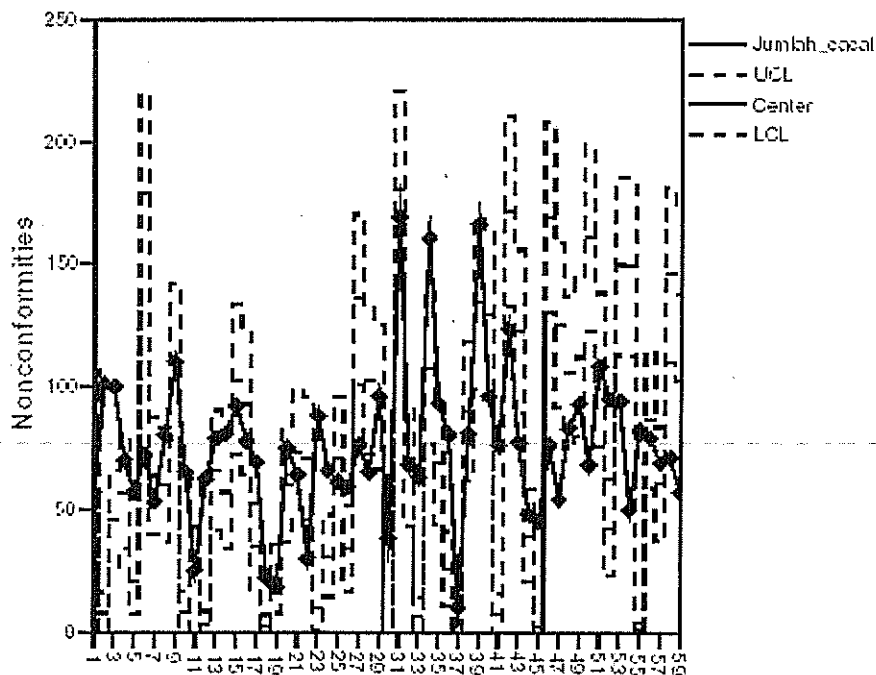
$$\text{jumlah produksi} = 41444$$

$$\text{Garis Tengah} = \bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m} = \frac{4443}{59} = 75.305$$

$$\text{BKA} = 75.305 + 3\sqrt{75.305} = 101.3386$$

$$\text{BKB} = 75.305 - 3\sqrt{75.305} = 14.1486$$

Selanjutnya nilai c dan batas kendali diplotkan ke dalam peta kendali sehingga didapatkan peta kendali-c seperti berikut:



D. PETA KENDALI JUMLAH KETIDAKSESUAIAN PER UNIT (*u*-CHART)

Grafik ini digunakan ketika ukuran sampel tetap. Jika area kesempatan berubah satu sampel ke sampel yang lain, garis pusat dan batas kendali suatu tabel berubah sesuai di mana ukuran sampel bervariasi. *u*-Chart digunakan perusahaan untuk memeriksa semua materi produksi atau jasa untuk kehadiran bukan penyesuaian. Keluaran tiap produksi beranekaragam karena fluktuasi persediaan tenaga kerja, uang dan bahan baku, dengan konsekuensi, jumlah pemeriksaan per produksi setiap perubahan, sehingga menyebabkan bermacam-macam ukuran sampel ketika variasi ukuran sampel suatu peta kendali-*u* digunakan untuk memonitor banyaknya ketidaksesuaian per unit. Walaupun perubahan batas kendali dari ukuran sampel bervariasi, garis pusat suatu peta kendali-*u* tetap konstan. Ukuran sampel variable dan standar tidak ditentukan ketika ukuran sampel bervariasi, jumlah dari ketidaksesuaian per unit untuk sampel ke-*i* adalah:

$$\bar{u} = \frac{\sum c_i}{\sum n_i} = \text{rata-rata cacat persatuan}$$

$$u_i = \frac{\text{Jumlah ketidaksesuaian yang diperoleh}}{\text{Jumlah unit pengukuran yang diperiksa}} = \frac{c_i}{n}$$

$$BA = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

$$BB = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

Distribusi yang digunakan Distribusi Poisson

Contoh penerapan :

1. Jumlah ketidaksesuaian pada lembaran karpet, dimana luas karpet yang diperiksa tidak sama.
2. Jumlah ketidaksesuaian pada satu unit komputer.

Contoh soal lihat :

1. Example 7.9 Mitra
2. Contoh 8.2 Grant
3. Contoh 5.4 Mongometry

Tabel 3.1 Karakteristik Peta Kendali Atribut

Peta	Karakteristik Data	Contoh Kasus
<i>p</i>	Perbandingan banyak benda yang tak sesuai dalam suatu populasi dengan banyak benda keseluruhan dalam populasi itu.	Air mineral dalam kemasan. Apabila kemasan tersebut rusak, atau berlubang maka air mineral tersebut tidak dapat diterima.
<i>np</i>	Berdasarkan pada data banyaknya proporsi cacat (number of nonconforming)	Sama seperti peta <i>p</i> , yang membedakan hanya pada data yang akan diplotkan pada grafik.
<i>c</i>	Unit produk yang tidak memenuhi satu atau beberapa spesifikasi untuk produk itu. Dan ketidaksesuaian tersebut mempengaruhi penjualan.	<ul style="list-style-type: none"> - Pattrian yang cacat dalam 100 m pipa saluran. - Banyak kelingan yang pecah dalam satu sayap pesawat terbang.
<i>u</i>	Banyak ketidaksesuaian rata-rata per unit.	Pengusaha komputer ingin membentuk grafik pengendali untuk ketidaksesuaian per unit pada jalur perakitan akhir. Sebagai ukuran sampel dipilih 5 komputer. Data banyak ketidaksesuaian dalam 20 sampel masing-masing 5 komputer.

E. PETA KENDALI JUMLAH CELA PER UNIT (U-CHART)

Grafik kendali c dan u digunakan untuk semua jenis cacat banyaknya ketidaksesuaian, tanpa memperhatikan derajat pembagiannya. Misalkan kita menduga dalam proses inspeksi monitor komputer, bahwa satu monitor bermasalah tentang konsistensi warna dan monitor kedua mempunyai lima goresan pada permukaannya. Dengan menggunakan grafik kendali c ataupun u , cacat relatif monitor 2, dalam konteks cacat banyaknya ketidaksesuaian, adalah lima kali lebih besar dari monitor 1. Tetapi, dari cacat tunggal, monitor 1 jauh lebih serius daripada monitor 2. Sebuah pendekatan alternatif mengenai bobot banyaknya ketidaksesuaian menurut derajat pembagian relatifnya (Besterfield 1990). Sistem tingkat kualitas ini, yang *merating* cacat per unit dan disebut peta kendali U , mengatasi kekurangan dari grafik kendali c dan u . Hal ini sangat membantu pada aplikasi pelayanan/service.

Sebagai kategori ANSI/ASQC (Standar A3 1978) : mengelompokan cacat dalam 4 kategori.

Cacat kelas 1: Sangat serius : bobot cacat : $w_1 = 100$.

Cacat kelas 2: serius : bobot cacat : $w_2 = 50$.

Cacat kelas 3: Agak serius : bobot cacat : $w_3 = 10$.

Cacat kelas 4: Tidak serius : bobot cacat : $w_4 = 1$.

Pada sample ukuran n .

Jumlah cacat terbobot

$$D = w_1c_1 + w_2c_2 + w_3c_3 + w_4c_4$$

Rata-rata cacat terbobot perunit

$$U = \frac{D}{n} = (w_1c_1 + w_2c_2 + w_3c_3 + w_4c_4)/n$$

c adalah bilangan hasil penghitungan "cacat" (Poisson). Sehingga U merupakan kombinasi linier dari variable acak independen Poisson.

$$\bar{U} = w_1\bar{u}_1 + w_2\bar{u}_2 + w_3\bar{u}_3 + w_4\bar{u}_4$$

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{w_1^2\bar{u}_1 + w_2^2\bar{u}_2 + w_3^2\bar{u}_3 + w_4^2\bar{u}_4}{n}}$$

$$BA = \bar{U} + 3\sigma_U$$

$$BB = \bar{U} - 3\sigma_U$$

Contoh penerapan : Jumlah ketidaksesuaian pada satu unit sepeda motor.

Contoh soal lihat : Example 7.11 Mitra

Daftar Pustaka

- a. Amitava Mitra, Fundamentals of Quality Control and Improvement, Macmillan Publishing Company, 1993
- b. Douglas C. Montgomery, Introduction to Statistical Quality Control", John Wiley and Sons Inc, 1985
- c. Eugene L. Grant, Richard S. Leavenworth, Statistical Quality Control, McGraw Hill, Inc, 1988

Bab V

PETA KENDALI VARIABEL

Tujuan Instruksional Khusus :

- 1. Mahasiswa dapat membuat peta kendali variabel**

A. GRAFIK KENDALI UNTUK MEAN DAN RANGE (\bar{X} -R CHART)

Banyak karakteristik kualitas yang dapat dinyatakan dalam bentuk ukuran angka. Misalnya, diameter bantalan poros dapat diukur dengan mikrometer dan dinyatakan dalam milimeter. Suatu karakteristik kualitas yang dapat diukur, seperti dimensi, berat, atau volume dinamakan variabel. Grafik untuk variable digunakan secara luas. Biasanya grafik-grafik itu merupakan prosedur pengendali yang lebih efisien dan memberikan informasi tentang penampilan proses yang lebih banyak daripada grafik pengendali sifat. apabila bekerja dengan karakteristik kualitas yang variabel, sudah merupakan praktek yang standar untuk mengendalikan nilai mean karakteristik kualitas itu dan variabilitasnya. Hal ini biasanya dituangkan dalam grafik \bar{x} . Variabilitas atau pemencaran proses dapat dikendalikan dengan grafik pengendali untuk deviasi standar, yang dinamakan grafik S , atau grafik pengendali untuk rentang, yang dinamakan grafik R .

Misalkan karakteristik kualitas berdistribusi normal dengan mean μ dan deviasi standar σ keduanya diketahui, dan jika $x_1, x_2 \dots x_n$ sampel berukuran n , maka rata-rata sampel ini adalah

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Dalam praktek biasanya kita tidak mengetahui σ dan μ . Oleh karena itu nilai-nilai itu harus ditaksir dari sampel-sampel pendahuluan yang diambil ketika proses itu diduga terkendali. Biasanya taksiran ini harus didasarkan pada paling sedikit 20 sampai 25 sampel. Misalkan $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$, adalah rata-rata tiap sampel, maka penaksir terbaik untuk rata-rata proses μ adalah mean keseluruhan yakni

$$\bar{X} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m}$$

Jika suatu sampel berukuran n , maka rentang sampel itu adalah selisih observasi yang terbesar dan terkecil yakni :

$$R = x_{\text{maks}} - x_{\text{min}}$$

Misalkan R_1, R_2, \dots, R_m adalah rentang m sampel itu, rentang rata-ratanya adalah :

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m}$$

dan taksiran untuk σ dihitung sebagai :

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

Jika kita akan memplotkan data dalam grafik pengendali \bar{x} , maka batas pengendali atas, batas pengendali bawah dan garis tengah dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{BPA} = \bar{x} + A_2 \bar{R}$$

$$\text{Garis tengah} = \bar{x}$$

$$\text{BPB} = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$

Dimana A_2 merupakan nilai konstan yang hanya tergantung dari ukuran sampel.

Sedangkan parameter-parameter yang digunakan dalam grafik pengendali range sebagai berikut :

$$\text{BPA} = \bar{R} D_4$$

$$\text{Garis tengah} = \bar{R}$$

$$\text{BPB} = \bar{R} D_3$$

D_3 dan D_4 merupakan nilai konstan yang hanya tergantung dari jumlah sampel.

B. GRAFIK KENDALI UNTUK MEAN DAN DEVIASI (\bar{X} - S CHART)

Apabila ukuran sampel n cukup besar, $n > 10$ atau 12, metode rentang guna menaksir σ kehilangan efisiensi statistiknya. Dalam hal-hal seperti ini, yang terbaik adalah mengganti grafik \bar{x} dan σ menjadi grafik \bar{x} dan S , dengan standar proses ditaksir secara langsung tidak melalui R .

Parameter-parameter yang digunakan dalam grafik S dengan nilai standar bagi σ diketahui, adalah :

$$\text{BPA} = B_6 \sigma$$

$$\text{Garis tengah} = c_4 \sigma$$

$$\text{BPB} = B_5 \sigma$$

Nilai-nilai B_5 dan B_6 telah ditabelkan sebagai nilai konstan untuk berbagai ukuran himpunan bagian..

Selain grafik pengendali \bar{x} dan S , x dan R terdapat juga grafik S^2 yaitu grafik pengendali yang didasarkan langsung pada variansi sampel S^2 dan grafik pengendali unit individual yaitu grafik yang menggunakan ukuran sampel $n=1$ untuk pengendalian proses. Hal ini dilakukan pada pemeriksaan dan pengukuran otomatis dari setiap unit yang diproduksi. Contohnya pada proses kimia. Prosedur pengendaliannya menggunakan rentang bergerak dua observasi yang berturut-turut guna menaksir variabilitas proses.

Dalam penerapannya, penganalisis harus memilih antara menggunakan grafik pengendali variabel dan grafik pengendali sifat. Grafik pengendali sifat mempunyai kelebihan bahwa beberapa karakteristik kualitas dapat dipandang bersama-sama dan unit itu diklasifikasikan sebagai tidak sesuai apabila gagal memenuhi spesifikasi pada salah satu karakteristik. Sebaliknya, jika beberapa karakteristik kualitas diperlukan sebagai variabel, maka masing-masing harus diukur, dan grafik \bar{x} dan R terpisah digunakan pada masing-masing variabel atau suatu teknik pengendali multivariat yang memandang semua karakteristik digunakan secara serentak. Dalam hal ini jelas adanya kesederhanaan yang berkaitan dengan grafik pengendali sifat. Lagipula pengukuran yang mahal dan memakan waktu dapat dihindari dengan pemeriksaan sifat.

Grafik pengendali variabel memberikan jauh lebih banyak informasi yang bermanfaat tentang penampilan proses daripada grafik pengendali sifat. Informasi mengenai mean dan variabilitas proses diperoleh secara langsung. Untuk suatu studi kemampuan proses, grafik pengendali variabel hampir selalu disenangi daripada grafik pengendali sifat.

Garis petunjuk guna merancang grafik pengendali

Dalam merancang grafik kendali \bar{x} dan R , kita harus menentukan ukuran sampel, lebar batas pengendali, dan frekuensi pengambilan sampel yang digunakan. Jika grafik \bar{x} yang digunakan khususnya untuk menyidik pergeseran sedang sampai besar, katakan pada tingkat 2 sigma atau maka ukuran sampel relative kecil $n = 4,5$, atau 6 cukup efektif. Sebaliknya jika ingin menyidik pergeseran kecil maka menggunakan ukuran sampel yang lebih besar misalnya $n = 15$ sampai $n = 25$. pada sampel kecil,

grafik R relatif tidak peka terhadap pergeseran deviasi standar proses. Sedangkan sampel-sampel yang lebih besar kelihatannya lebih efektif, tetapi kita tahu bahwa metode rentang turun rendah sekali efisiensinya untuk menaksir standar deviasi jika n naik. Sehingga untuk n besar, katakan $n > 10$ atau 12, mungkin yang terbaik tidak menggunakan grafik R melainkan grafik S dan S^2 . Masalah ukuran sampel dan frekuensi pengambilan sampel adalah masalah menentukan upaya sampling. Terdapat dua macam strategi yaitu mengambil sampel ukuran kecil dengan sering atau ukuran sampel besar tapi jarang dilakukan. Umumnya lebih memilih ukuran sampel kecil tapi sering karena dilihat dari sisi ekonomi, jika biaya menghasilkan produk cacat tinggi maka sampel kecil dengan sering akan lebih baik. Alasan lain adalah jika interval antar pengambilan sampel terlalu besar maka akan terlalu banyak produk yang cacat yang diproduksi sebelum kesempatan menyidik pergeseran proses yang lain terjadi. Tingkat produksi juga punya peranan terhadap pemilihan ukuran sampel dimana jika proses produksi dengan kecepatan tinggi biasanya akan menggunakan ukuran sampel yang cukup besar yang dilakukan lebih sering karena dengan tingkat produksi tinggi akan menghasilkan produk tak sesuai yang cukup banyak dalam waktu yang singkat apabila terjadi pergeseran proses.

Intepretasi Grafik \bar{x} dan R

Grafik pengendali dapat menunjukkan keadaan tak terkendali meskipun tidak satu titik pun terletak diluar batas pengendali, jika pola titik-titik yang digambarkan yang digambarkan menunjukkan tingkah laku tak random atau sistematis. Dalam banyak hal pola titik-titik yang digambarkan akan memberikan informasi diagnostic yang berguna pada proses itu dan informasi ini dapat digunakan untuk membuat perubahan-perubahan proses yang memperkecil variabilitas. Dalam bahasan ini akan membicarakan pola umum dari grafik \bar{x} dan R dan menunjukkan beberapa karakteristik proses yang dapat menghasilkan pola-pola ini. Untuk menginterpretasikan grafik \bar{x} dan R secara efektif, sebelumnya kita harus tahu asas statistik yang melandasi grafik pengendali dan proses itu sendiri.

Dalam menginterpretasikan pola pada grafik \bar{x} , pertama-tama kita menentukan apakah grafik R terkendali atau tidak. Beberapa sebab terduga tampak pada grafik \bar{x} dan R. Jika grafik \bar{x} dan R keduanya menunjukkan pola tak random, strategi yang terbaik adalah menghilangkan sebab-sebab terduga grafik R yang secara otomatis akan menghilangkan pola tak random pada grafik \bar{x} . Jangan sekali-kali menginterpretasikan grafik \bar{x} apabila grafik R menunjukkan keadaan tak terkendali.

Pola siklis kadang-kadang tampak pada grafik pengendali. Pola ini mungkin merupakan akibat dari perubahan lingkungan yang sistematis seperti temperatur, kelelahan operator, perputaran operator dan mesin yang teratur atau fluktuasi dalam tekanan atau variabel lain dalam alat produksi. Kadang-kadang grafik R akan menampilkan gerakan siklis karena jadwal pemeliharaan, kelelahan operator, ketidaktahanan alat sebagai akibat variabilitas yang terlalu besar.

Pola campuran ditunjukkan apabila titik-titik yang tergambar cenderung jatuh dekat atau sedikit diluar batas pengendali, dengan titik-titik yang relatif sedikit dekat garis tengah. Pola campuran ditimbulkan oleh dua distribusi pembentuk hasil proses yang tumpang suh. Kesederhanaan pola campuran tergantung pada seberapa jauh distribusi itu tumpang suh. Kadang-kadang pola campuran merupakan akibat dari pengendalian terlalu ketat dimana operator terlalu sering melakukan penyesuaian proses, bukan karena sebab-sebab sistematis melainkan variasi random dalam hasil produksi.

Suatu pergeseran dalam tingkat proses dapat terjadi dimana pergeseran ini mungkin terjadi akibat dari pengenalan karyawan, metode dan bahan baku atau mesin baru, perubahan dalam metode atau standar pemeriksaan atau perubahan dalam ketrampilan, perhatian, atau motivator operator.

Suatu trend atau gerakan pada grafik pengendali biasanya disebabkan karena kelelahan yang pelan-pelan atau kemunduran suatu alat atau suatu komponen proses kritis yang lain. Trend dapat juga disebabkan oleh faktor manusianya seperti kelelahan operator atau kehadiran pengawas, trend juga disebabkan oleh faktor alam seperti temperatur. Alat yang berguna untuk memantau dan menganalisa proses dengan trend adalah grafik pengendali regresi.

Stratifikasi atau kecenderungan titik-titik seakan-akan berkelompok sekitar garis tengah. Dalam kasus ini terdapat ketiadaan variabilitas dasar dalam pola yang dialami. Penyebab stratifikasi yang mungkin adalah perhitungan batas pengendali yang salah. Pola ini juga dapat dihasilkan apabila proses pengambilan sampel mengumpulkan satu atau beberapa unit dari beberapa distribusi pokok yang berbeda. Jika unit terbesar dan terkecil dalam tiap sampel relatif serupa, maka variabilitas yang diamati akan kecil tidak wajar..

Dalam menginterpretasikan pola grafik \bar{x} dan R, orang harus memandang dua grafik itu secara terpisah. Jika distribusi yang melandasi normal, maka variabel random \bar{x} dan R yang dihitung dari sampel yang sama adalah statistik independen. Maka \bar{x} dan R harus berlaku independen pada grafik pengendali. Jika ada korelasi antara nilai \bar{x} dan R, yakni jika titik-titik pada kedua grafik itu saling mengikuti maka ini menunjukkan bahwa distribusi yang melandasi miring. Jika spesifikasi telah ditentukan dengan anggapan normal maka analisis itu mungkin salah.

Pengaruh Ketidaknormalan pada Grafik \bar{x} dan R

Anggapan dasar dalam pengembangan grafik pengendali \bar{x} dan R adalah distribusi karakteristik kualitas yang melandasi adalah normal. Dalam banyak keadaan mungkin kita mempunyai alasan untuk meragukan berlakunya anggapan ini. Misalnya mungkin kita tahu bahwa distribusi yang melandasinya bukan normal, sebab kita telah mengumpulkan data yang cukup banyak yang menunjukkan bahwa anggapan normal tidak cocok. Sekarang jika kita tahu bentuk distribusi yang melandasinya, maka mungkin untuk menurunkan distribusi sampling \bar{x} dan R (atau ukuran variabilitas proses yang lain), yang mendapatkan batas probabilitas yang pasti bagi grafik pengendali itu. Dalam beberapa hal yang mungkin ini sukar, dan kebanyakan penganalisa mungkin lebih senang menggunakan pendekatan standar berdasarkan anggapan normal jika mereka merasa bahwa akibat tindakan ini tidak serius. Tetapi mungkin kita tidak tahu apapun tentang bentuk distribusi yang melandasinya, maka mungkin satu-satunya pilihan kita adalah menggunakan hasil-hasil teori normal. Dalam hal yang manapun jelas

bahwa kita tertarik untuk mengetahui pengaruh penyimpangan dari normal terhadap grafik pengendali \bar{x} dan R yang biasa.

Beberapa penulis telah menyelidiki pengaruh penyimpangan dari normalitas pada grafik pengendali. Burr (1967) mencatat bahwa konstan batas pengendali teori normal yang biasa sangat tegar (Robust) terhadap anggapan normal dan dapat digunakan kecuali populasi itu sangat tidak normal. Schilling dan Nelson (1976) juga telah mempelajari pengaruh ketidaknormalan pada batas pengendali grafik \bar{x} . Mereka menyelidiki distribusi uniform, segitiga siku-siku, gamma (dengan $\lambda=1$ dan $r = \frac{1}{2}, 1, 2, 3,$ dan 4) dan dua distribusi bermodus dua membentuk campuran dua distribusi normal. Studi mereka menunjukkan bahwa dalam sebagian besar keadaan, sampel berukuran 4 atau 5 cukup untuk menjamin ketegaran yang layak terhadap anggapan normal. Kasus terjelek yang diamati adalah untuk nilai-nilai r yang kecil dalam distribusi gamma [$r = \frac{1}{2}$, dan $r = 1$ (distribusi eksponensial)]. Misalnya, mereka melaporkan risiko α yang sebenarnya adalah 0,014 atau kurang jika $n \geq 14$ untuk distribusi gamma dengan $r = \frac{1}{2}$, berbeda dengan nilai teoritis 0,0027 bagi distribusi normal.

Selagi penggunaan batas pengendali 3-sigma pada grafik \bar{x} akan menghasilkan risiko α sebesar 0,0027 jika distribusi yang melandasinya normal, tetapi tidak benar pada grafik R. Distribusi sampling R tidak simetrik, meskipun pengambilan sampel itu dari distribusi normal, dan ekor yang panjang distribusi itu ada pada sisi tinggi atau positif. Jadi batas 3-sigma yang simetris hanya pendekatan, dan risiko α pada grafik R seperti itu tidak 0,0027. (Sebenarnya, untuk $n = 4$ maka $\alpha = 0,00461$). Lagipula, grafik R lebih peka terhadap penyimpangan anggapan normal daripada grafik \bar{x} .

Daftar Pustaka

- a. Amitava Mitra, *Fundamentals of Quality Control and Improvement*, Macmilan Publishing Company, 1993
- b. Douglas C. Montgomery., *Introduction to Statistical Quality Control*”, John Willey and Sons Inc, 1985
- c. Eugene L. Grant, Richard S. Leavenworth, *Statistical Quality Control*, McGraw Hill, Inc, 1988

BAB VI

ANALISA

KEMAMPUAN

PROSES

Tujuan Instruksional Khusus :

- 1. Mahasiswa dapat melakukan analisis kemampuan proses dalam perusahaan yang proses produksinya sudah dalam kondisi terkontrol secara statistika**

6.1 PENGERTIAN ANALISIS KEMAMPUAN PROSES

Analisis Kemampuan Proses (AKP) merupakan analisis variabilitas relatif terhadap persyaratan atau spesifikasi produk dan untuk membantu pengembangan dan produksi dalam menghilangkan atau mengurangi dengan banyak variabilitas.

AKP identik dengan keseragaman proses. Variabilitas merupakan ukuran dari keseragaman proses. Ada 2 cara untuk memikirkan variabilitas :

1. variabilitas seketika (sesaat)
2. variabilitas meliputi waktu.

AKP memiliki beberapa kegunaan antara lain AKP :

- memprakirakan seberapa baik proses akan memenuhi toleransi.
- membantu pengembang/ perancang produk dalam memilih atau mengubah proses.
- membantu dalam pembentukan interval untuk pengendalian interval antara pengambilan sampel.
- menetapkan persyaratan untuk penampilan bagi alat baru.
- memilih diantara penjual yang bersaing
- merencanakan urutan proses produksi apabila ada pengaruh interaktif proses pada toleransi.
- mengurangi variabilitas dalam proses produksi.

Kemampuan proses mewakili performansi dari suatu proses yang berada dalam kondisi kontrol statistik. Hal ini dideterminasikan oleh keberagaman total yang eksis karena penyebab umum yang hadir pada sistem. Seperti yang kita diskusikan sebelumnya, penyebab khusus tersebut inheren sistem yang selalu eksis. Kemudian, kemampuan proses dapat juga dilihat sebagai kerakteristik kualitas produk yang kembali setelah semua penyebab khusus dihilangkan. Kemudian performansi produk akan dapat diprediksi karena penyebab khususnya hilang. Sehingga kita dapat mendeterminasikan kemampuan produk disesuaikan dengan harapan pelanggan.

Kemampuan proses berada dalam *sense* pengukuran akan keseragaman karakteristik kualitas yang diinginkan. Sehingga hal itu akan menjadi indeks

keseragaman output. Standard pengukuran umum terhadap kemampuan proses adalah 6σ yang disebut sebaran proses. Diasumsikan jarak 6σ menunjukkan semua nilai karakteristik kualitas output secara virtual. Jika dapat diasumsikan distribusinya normal, 99.74% distribusinya akan berada pada rentang $\pm 3\sigma$ pada kedua sisi rata-rata. Sehingga, 6σ mewakili nilai yang perbedaannya yang beralasan antara nilai sampel minimum dan maksimum yang kita amati

Analisa Kemampuan Proses (AKP) adalah perkiraan dari kemampuan proses. Termasuk juga memperkirakan mean dan standar deviasi dari karakteristik kualitas. AKP digunakan untuk memperkirakan bentuk distribusi frekuensi relatif dari suatu karakteristik. Apabila batas spesifikasi diketahui maka, AKP digunakan untuk memperkirakan proporsi dari produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi. (diluar spesifikasi yang ditentukan). Keuntungan menggunakan AKP adalah :

1. Keseragaman output.

Dengan menggunakan studi kemampuan proses dan membuat pengaturan yang penting terhadap parameter proses, keberagaman dalam dikontrol. Berbagai bentuk yang tak diinginkan pada distribusi karakteristik kualitasnya dievaluasi dan perubahan yang *feasibel* pada parameter prosesnya dapat dibuat secepatnya.

2. Kualitasnya bertambah atau terjaga.

Hal ini sejalan dengan tujuan dalam peningkatan kualitas dalam siklus yang sedang berjalan. Analisa kemampuan proses mengindikasikan apakah peralatan baru benar-benar dibutuhkan. Selama perubahan terjadi, kapabilitas yang baru dapat dideterminasikan.

3. Desain proses dan produk terfasilitasi.

Informasi yang didapat dari analisa kemampuan proses mengembangkan umpan-balik yang vital bagi desain. Hal ini penting karena desainer produk harusnya peduli terhadap variasi yang inheren. Pembuatan desain produk memberikan toleransi bahwa prosesnya tidak kapabel menghasilkan *lead time* yang lebih lama pada proses pembuatan desain.

4. Membantu dalam seleksi vendor dan kontrol.

Perusahaan dapat mensyaratkan vendor mereka untuk melaporkan informasi kemampuan prosesnya untuk membantu mereka dalam memilih vendor. Tambahan

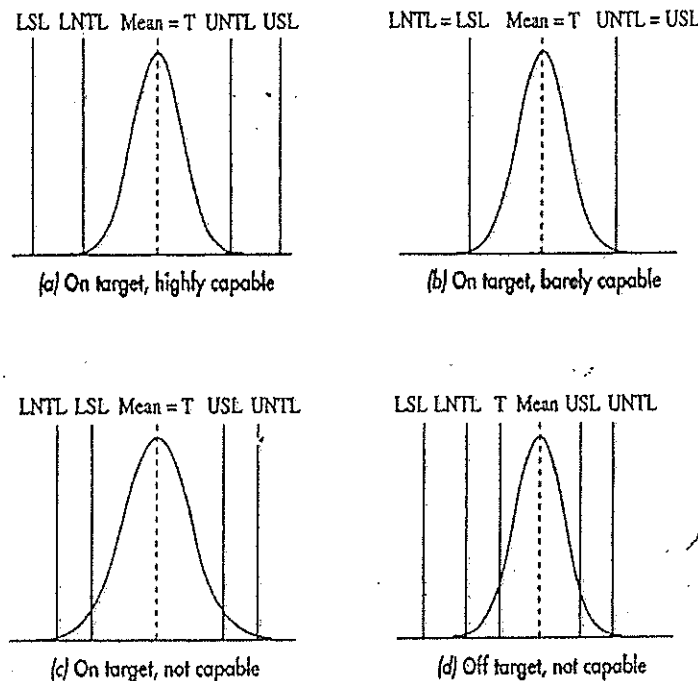
lagi, bagi vendor yang telah terpilih, pelaporan reguler akan informasi kemampuan prosesnya merupakan cara yang efektif dalam mengontrol dan meningkatkan kualitas vendornya.

5. Mengurangi total biaya.

Hal ini terjadi karena biaya kerusakan internal maupun eksternal lebih rendah. Dengan monitoring parameter proses secara konstan, maka produksi item yang mempunyai ketidaksesuaian akan lebih rendah.

Kemampuan suatu proses menggambarkan seberapa uniform proses tersebut. Analisis Kemampuan proses membandingkan kinerja suatu proses dengan spesifikasinya. Suatu proses dikatakan mempunyai Kemampuan apabila semua nilai variabel jatuh pada batas spesifikasi .

Terdapat 4 kondisi spesifikasi proses yaitu seperti yang digambar dibawah ini:



Gambar 6.1 Batas Toleransi Sebenarnya dengan Batas Spesifikasi

Keterangan :

Gambar 2.1a menjelaskan distribusi proses yang dihasilkan terpusat pada tingkat target dan batas spesifikasinya lebih besar dari batas toleransi sebenarnya. Hal ini

menjelaskan tingginya jumlah produk yang sesuai dengan target, dan probabilitas bagian yang tidak sesuai (cacat) sangat kecil hal ini ditunjukkan dengan daerah yang diluar batas spesifikasi kecil. Pihak manajemen dapat mengatakan produknya uniform dan konsisten daripada pesaing lain. Apabila berdistribusi seperti ini maka perusahaan mempunyai keuntungan yang besar karena mempunyai rework yang kecil.

Pada gambar 2.1b, proses pada target dan sama dengan spesifikasinya. Proses dapat memenuhi spesifikasi tetapi terlalu berisiko. Apabila proses meannya bergerak kekanan atau ke-kiri sedikit saja maka menyebabkan adanya output yang diluar spesifikasi.

Gambar 2.1c, menjelaskan Daerah variabilitas sebenarnya lebih besar dari daerah spesifikasi. Proses tidak mampu tetapi menghasilkan proses yang terpusat pada target. Jika distribusi yang dihasilkan seperti ini maka langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengecek kembali apakah batas spesifikasinya valid atau tidak. Spesifikasi ditentukan oleh kerjasama antara disainer produk dengan orang yang bekerja secara langsung dilapangan (personel operation). Apabila desainer produk kekurangan informasi mengenai kemampuan proses maka, desainer akan menentukan batas spesifikasi yang sempit. Tujuan utamanya adalah mengurangi variabilitas, hal ini dapat dilakukan dengan *design of experiment*

Gambar 2.1d menjelaskan daerah variabilitas sebenarnya sama dengan daerah spesifikasi tetapi rata-rata proses tidak berada pada tengah batas spesifikasi. Hal ini mungkin disebabkan oleh setting mesin, mungkin saja mesin tersebut perlu dikalibrasi ulang.

Ada berbagai macam indek kapabilitas namun yang biasa digunakan ada tiga yang utama yaitu :

- a. Merupakan capability indeks yang paling sederhana .Cp hanya merupakan perbandingan antara rentang populasi .Formula untuk Cp yaitu :

$$Cp = \left[\frac{USL - LSL}{6\sigma} \right]$$

- b. Cpk : kelemahan utama Cp adalah sangat sedikit proses yang hanya berpusat pada rata-rata proses. Untuk memperoleh pengukuran akan kinerja proses yang

baik, maka harus dipertimbangkan dimana rata-rata proses berlokasi relatif terhadap batas spesifikasi. Cpk mencari jarak terdekat lokasi pusat proses dengan USL dan LSL kemudian dibagi dengan rentang proses. Formula Cpk adalah

$$\text{sebagai berikut : } Cpk = \min \left[\frac{USL - \mu}{3\sigma} \text{ atau } \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right]$$

- c. Cpm : sering disebut Taguchi Capability index. Cpm dikembangkan diakhir 80-an dan digunakan untuk menghitung kedekatan rata-rata proses dengan target.

Formula Cpm adalah sebagai berikut :

$$Cpm = \left[\frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \right]$$

Bila rata-rata proses berada ditengah-tengah batas spesifikasi dan juga tepat pada target maka $Cp = Cpk = Cpm$.

INDEX KEMAMPUAN PROSES

Index kemampuan proses merupakan ukuran yang mudah dimengerti untuk mengetahui kinerja proses. Dilambangkan dengan Cp atau PKP. Rumusnya adalah:

Untuk spesifikasi dua sisi,

$$PKP = \frac{BSA - BSB}{3\sigma}$$

Untuk spesifikasi satu sisi .PKP dapat didefinisikan oleh

$$PKP = \frac{\mu - BSB}{3\sigma} \text{ (batas spesifikasi atas)}$$

$$PKP = \frac{BSA - \mu}{3\sigma} \text{ (batas spesifikasi bawah)}$$

Keterangan :

- PKP dalam berbagai buku berbahasa inggris sering disebut sebagai Cp
- BSA adalah Batas atas, dalam buku berbahasa inggris sering disebut sebagai USL
- BSB adalah Batas bawah, dalam buku berbahasa inggris sering disebut sebagai LSL

Perbandingan kemampuan proses adalah ukuran kemampuan proses untuk menghasilkan produk yang memenuhi standard.

Ada 3 jenis PKP yaitu :

- a. apabila nilai PKP > 1 maka batas spesifikasi terpenuhi
- b. apabila nilai PKP = 1 maka batas toleransi sebenarnya bertepatan dengan batas spesifikasi.
- c. Apabila nilai PKP < 1 maka menunjukkan variabilitas pada proses yang diukur oleh sebaran proses 6σ , lebih besar dari sebaran spesifikasi. Jadi terdapat bagian yang tak sesuai atau produk yang tak sesuai dengan spesifikasi.

BATAS TOLERANSI SEBENARNYA

Batas toleransi sebenarnya sering disebut juga sebagai batas kemampuan proses dan dibentuk atau dipengaruhi oleh proses itu sendiri. Apabila diasumsikan berdistribusi normal maka :

$$UNTL = \mu + 3\sigma$$

$$LNLT = \mu - 3\sigma$$

Keterangan: UNTL = Upper Natural Tolerance Limit

LNLT = Lower Natural Tolerance Limit

μ = mean

σ = standar deviasi

6.2. ANALISIS KEMAMPUAN PROSES MENGGUNAKAN HISTOGRAM ATAU GRAFIK PROBABILITAS

6.2.1 MENGGUNAKAN HISTOGRAM

Distribusi frekuensi berguna untuk menaksir kemampuan proses dengan paling sedikit data antara 50 – 100 (atau lebih) observasi harus disediakan supaya histogram agak stabil sehingga dapat diperoleh taksiran yang dapat dipercaya.

Keunggulan pendekatan distribusi frekuensi untuk menaksir kemampuan proses adalah bahwa cara itu memberi kesan visual dan segera dengan masalah penampilan proses. Cara yang baik untuk menyatakan kemampuan proses adalah melalui perbandingan (PKP) atau dapat disebut juga Cp (Index kemampuan proses)

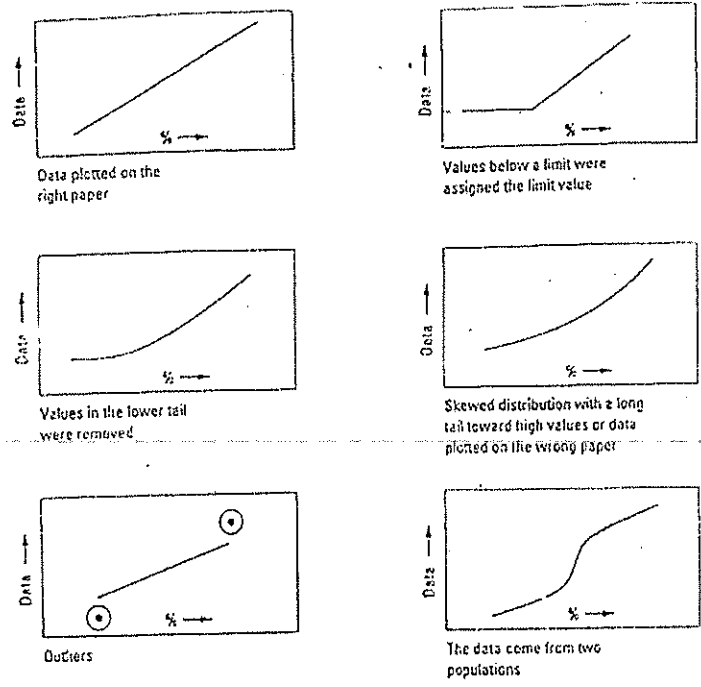
Untuk membuat histogram maka perlu langkah – langkah yang harus dilakukan seperti:

1. Mencari range observasi, perbedaan antara nilai paling besar dan paling kecil,
2. Menentukan panjang kelas. Biasanya 5 – 20 kelas. Jika terdapat terlalu banyak kelas maka distribusi data tidak dapat diketahui. Jika n menyatakan jumlah banyaknya data, maka panjang kelas adalah \sqrt{n} .
3. Menentukan lebar kelas dengan cara membagi range dengan panjang kelas. Menentukan batas – batas kelas. Cari nilai observasi pada tiap kelas.
4. Menggambar histogram.

6.2.2 MENGGUNAKAN GRAFIK PROBABILITAS

Grafik probabilitas adalah grafik data peringkat terhadap frekuensi kumulatif sampel pada kertas khusus dengan skala tegak dipilih sehingga distribusi kumulatif yang dianggap berbentuk tertentu adalah garis lurus. Grafik ini merupakan alternatif terhadap histogram yang dapat digunakan untuk menentukan bentuk, pusat, dan penyebaran distribusi. Keunggulan cara ini tidak harus membagi rentang menjadi interval kelas dan memberikan hasil yang cukup baik pada sampel yang kecil.

Tersedia kertas probabilitas normal, eksponensial, weibull, dll. Jika data distribusi normal digambarkan pada kertas probabilitas normal maka titik akan jatuh hampir tepat sepanjang garis lurus. Pola grafik probabilitas normal yaitu:



Gambar 6.3 Pola Plot Probabilitas Normal

Langkah – langkah untuk membuat plot grafik probabilitas adalah sebagai berikut

1. Urutkan pengamatan secara menurun dari terkecil sampai terbesar. Tandai tiap niali data yang ada. Urutan data pengamatan disimbolkan oleh i yaitu $i=1,2,3 \dots, n$ dimana n adalah nilai data dari sampel.
2. Memplotkan posisi probabilitas dari observasi dengan urutan i yang dirumuskan:

$$F_i = \frac{i - 0.5}{n}$$

3. Pada grafik probabilitas normal, plot niali tiap observasi atau pengamatan (garis horizontal) dan pada garis vertikalnya yaitu persentase ($100F_i$).
4. Perkirakan garis lurus berdasar pada titik titik yang diplotkan. Garis lurus yang paling baik adalah titik dimana fungsi distribusi probabilitas kumulatif.
5. Berdasar pada tahap ke 4, buatlah keputusan jika data dari distribusi normal dan berdsar dari garis lurus tersebut dapat ditentukan standar deviasinya.

Contoh 6.1

Untuk menggambarkan prosedur berikut diatas ini terdapat 20 observasi kekuatan meledak botol.

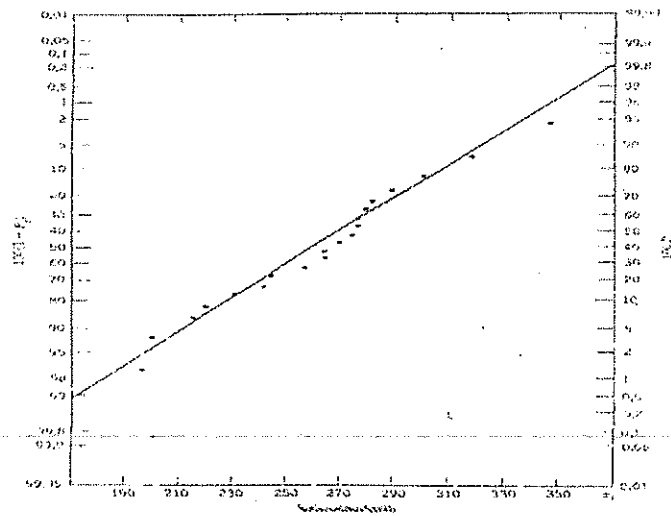
Peringkat, kekuatan, j, x_j	Posisi Gambar, P_j
197	0.025
200	0.075
215	0.125
221	0.175
231	0.225
242	0.275
245	0.325
258	0.375
265	0.425
265	0.475
271	0.525
275	0.575
277	0.625
278	0.675
280	0.725
283	0.775
290	0.825
301	0.875
318	0.925
346	0.975

P_j observasi dengan peringkat j adalah:

$$P_j = \frac{j - 1/2}{n}$$

dimana n adalah ukuran sampel.

$$P_j = \frac{1 - 1/2}{20} = 0.025$$



Gambar 6.3. Grafik probabilitas normal bagi data kekuatan.

Gambar 6.4 Grafik probabilitas normal bagi data kekuatan

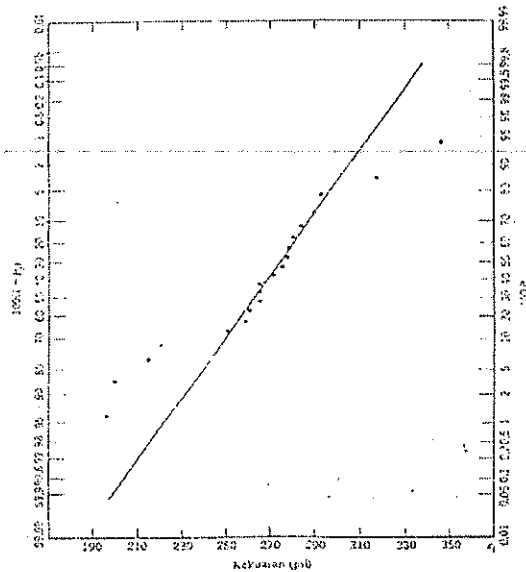
Gambar 6.3 diatas menunjukkan bahwa berdistribusi kekuatan meledak normal karena data berada disepanjang garis lurus. Mean distribusi normal adalah persentil 50 yang dapat ditaksir pada gambar diatas (kira-kira sama dengan 260 psi). Deviasi standar sama dengan *lerengan* garis lurus tersebut. Untuk menaksir deviasi standar sebagai selisih antara persentil 84 dan 50 yaitu:

$$\begin{aligned} \hat{\sigma} &= \text{persentil}84 - \text{persentil}50 \\ &= 298 - 260 \text{ psi} \\ &= 38 \text{ psi} \end{aligned}$$

Mengapa yang digunakan untuk mengetahui standar deviasi adalah persentil 84 dan 50 karena persentil 84 dari distribusi normal diperkirakan 1 standar deviasi jauhnya dari persentil 50(mean).

Haruslah berhati-hati dalam menggunakan grafik probabilitas. Jika data tidak berasal dari distribusi yang dianggap inferensi terhadap kemampuan proses yang ditarik dari grafik itu sama sekali. Kekurangan grafik probabilitas adalah bahwa grafik tersebut bukan prosedur yang obyektif. Dapat saja dua data yang sama menghasilkan kesimpulan yang berbeda. Karena itu kerap kali digunakan metode uji kesesuaian terhadap grafik probabilitas.

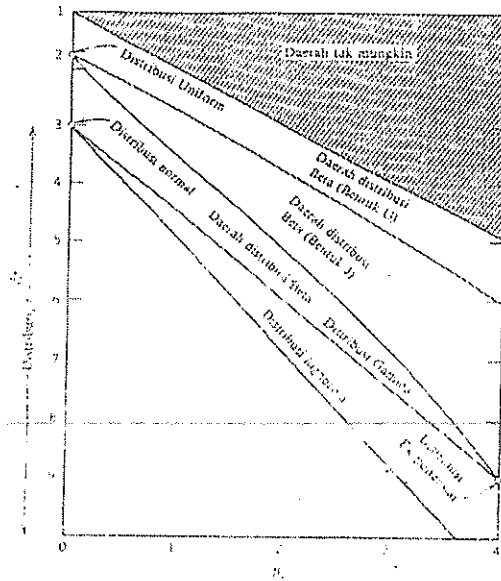
Gambar 6.4 merupakan penggambaran grafik probabilitas normal pada data tidak normal. Dapat dilihat bahwa nilai-nilai ekstrimnya lebih besar dari yang diharapkan dalam model normal. Dimana lebih banyak luasan yang terletak diluar 3 sigma daripada dalam model normal.



Gambar 6-5. Grafik data tidak normal pada grafik probabilitas normal.

Gambar 6.5 grafik data tidak normal pada grafik probabilitas normal

Gambar 6.5 menunjukkan daerah dalam bidang β_1, β_2 bagi beberapa distribusi standar dengan ukuran *keruncingan* dan *kemiringan* masing-masing.



Gambar 6.6. Daerah dalam bidang (β_1, β_2) untuk berbagai distribusi (Data G. J. Han dan S. S. Shapiro, *Statistical Models in Engineering*, John Wiley, New York, 1967).

Gambar 6. 6 Daerah dalam bidang (β_1, β_2) untuk berbagai distribusi
(G.J.Han Shapiro, *Statistical Models In Engineering*, John Willwey, New York, 1967)

Nilai taksiran kemiringan dan keruncingan dari sampel adalah:

$$\sqrt{B} = \frac{M_3}{(M_2)^{3/2}}$$

$$\hat{B}_2 = \frac{M_4}{M_2^2}$$

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^j}{n}$$

Contoh 6.2 Penghitungan Akp Dengan Histogram

Terdapat 50 sampel koil yang digunakan pada sirkuit elektrik yang dipilih secara random dan resistansinya diukur. Batas spesifikasi resistansi dari koil tersebut adalah 28 ± 10 ohm. Data berdistribusi normal. Data resistansi koil tersebut :

Tabel 6. 2 Data pengamatan Resistansi koil

Observasi	Resistansi koil	Observasi	Resistansi koil
1	35,1	26	27,5
2	35,4	27	26,5
3	36,3	28	26,9
4	38,8	29	26,7
5	39,0	30	27,2
6	22,5	31	31,8
7	23,7	32	32,1
8	25,0	33	31,5
9	25,3	34	31,2
10	25,0	35	31,4
11	34,7	36	28,5
12	34,2	37	28,4
13	34,4	38	27,6
14	34,7	39	27,6
15	34,3	40	28,2
16	26,4	41	30,8
17	25,5	42	30,6
18	25,8	43	30,4
19	26,4	44	30,5
20	25,6	45	30,5
21	33,1	46	28,5
22	33,6	47	30,2
23	32,3	48	30,1
24	32,6	49	30,0
25	32,2	50	28,9

Penyelesaian :

a. Menggunakan Histogram

Untuk membuat histogram maka perlu langkah – langkah yang harus dilakukan seperti:

Mencari range observasi, perbedaan antara nilai paling besar dan paling kecil,

Pada data diatas nilai terbesar adalah 39.0 dan nilai terkecil adalah 22.5.

Rangnya adalah 16.5 (selisih antara 39 dan 22.5).

Menentukan panjang kelas. Biasanya 5 – 20 kelas. Jika n menyatakan jumlah

banyaknya data, maka panjang kelas adalah \sqrt{n} . Pada data ini panjang kelasnya

adalah $\sqrt{50} = 7.07$.

Menentukan lebar kelas dengan cara membagi range dengan panjang kelas. Pada

data ini lebar kelasnya yaitu : $16,5 / 7.07 = 2,3$.

Menentukan batas – batas kelas. Cari nilai observasi pada tiap kelas.

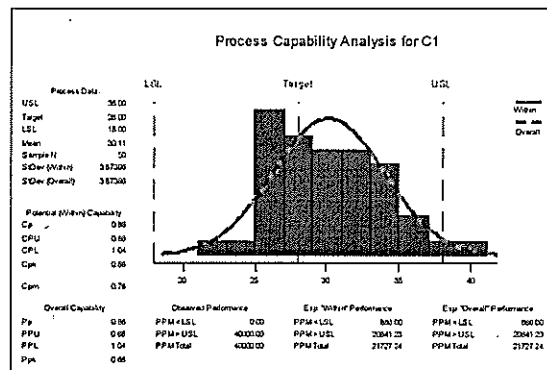
Menggambar histogram.

Dari data observasi terhadap resistansi koil, maka dibuatlah histogram.

Tabel 6.3 Distribusi frekuensi resistansi koil

Batas Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi kumulatif
$22,4 \leq X < 24,7$	2	0,04	0,04
$24,7 \leq X < 27,0$	11	0,22	0,26
$27,0 \leq X < 29,3$	9	0,18	0,44
$29,3 \leq X < 31,6$	11	0,22	0,66
$31,6 \leq X < 33,9$	7	0,14	0,8
$33,9 \leq X < 36,2$	7	0,14	0,94
$36,2 \leq X < 38,5$	1	0,02	0,96
$38,5 \leq X < 40,8$	2	0,04	1

Setelah itu dibuat histogramnya dengan menggunakan data – data diatas.



Gambar 6. 7 Histogram dari Resistansi koil

Penjelasan dari gambar diatas:

- mean : 30,11
- Standar deviasi : 3.87
- Cp (PKP) : 0,86

Apabila Cp (PKP) < 1 maka proses tersebut menandakan bahwa produk tersebut ada yang cacat dan membuat proses tidak mampu.

Analisa pengendalian proses juga dapat dihitung secara manual yaitu dengan memakai rumus : $\mu \pm 3\sigma$.

μ dihitung dengan rumus $\frac{\sum_{i=1}^n xi}{n}$ maka μ adalah 30,11

σ adalah standar deviasi yang dihitung dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(35.1 - 30.11)^2 + (35.4 - 30.11)^2 + \dots + (28.9 - 30.11)^2}{50 - 1}}$$

$$\sigma = 3,8$$

Maka kemampuan prosesnya adalah

$$\text{UNTL} = \mu + 3\sigma$$

$$= 30.11 + 3(3.8)$$

$$= 41,51$$

$$\text{LNLT} = \mu - 3\sigma$$

$$= 30.11 - 3(3,8)$$

$$= 18.71$$

Sedangkan spesifikasi adalah 28 ± 10 ohm, maka:

$$\text{BSA} = 28 + 10 = 38$$

$$\text{BSB} = 28 - 10 = 18$$

Dapat kita lihat diatas, batas atas spesifikasi yang ditentukan adalah 38 padahal batas UNTL (Upper Natural Tolerance Limit) adalah 41,51 maka dapat disimpulkan bahwa hasil proses yang keluar terdapat part yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang ada.

Untuk menganalisa kemampuan proses juga dapat dilihat dengan perbandingan kemampuan proses (PKP):

Nilai PKP dari soal ini adalah :

$$\text{PKP} = \frac{\text{BSA} - \text{BSB}}{6\sigma}$$

$$\text{PKP} = \frac{38 - 18}{6 \times 3.8} = 0.87.$$

Karena nilai PKP < 1 yaitu 0.87 maka proses tersebut menghasilkan hasil yang keluar dari batas yang ditentukan (spesifikasi),

Besarnya/proporsi ketidaksesuaian bisa diukur dengan :

$$Z = \frac{BKB - \mu}{\sigma}$$

$$Z = \frac{18 - 30.11}{3.8}$$

$$Z = -3,19$$

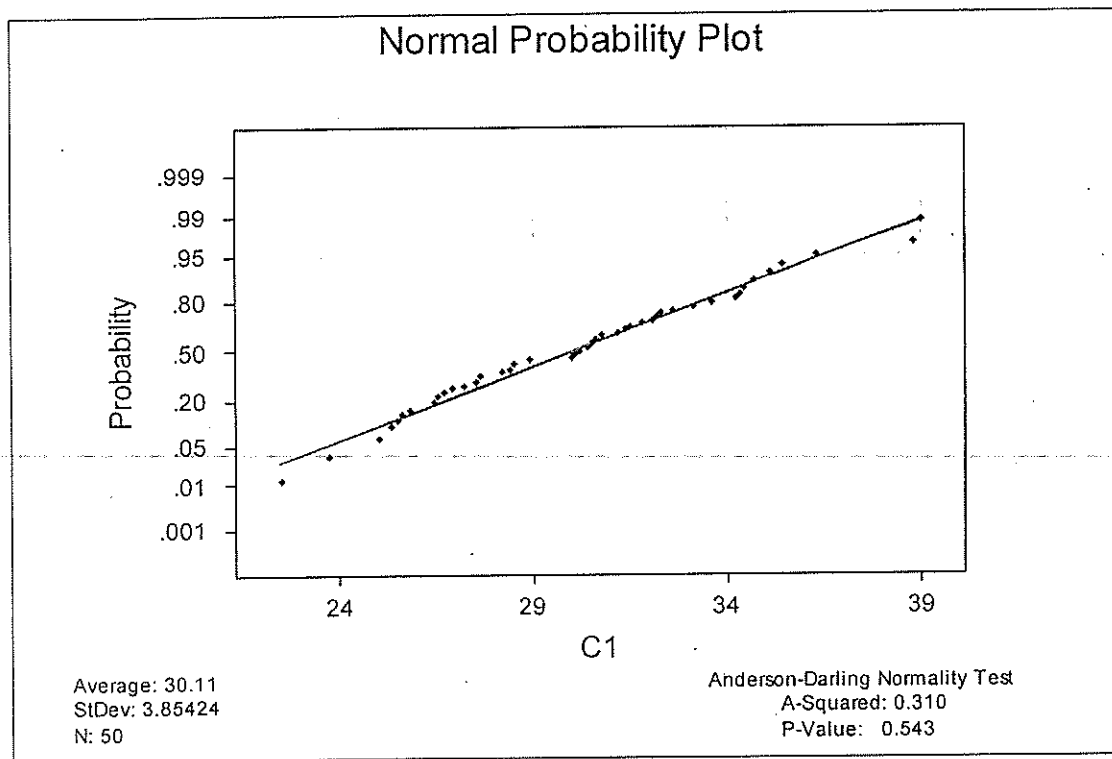
Nilai Z dicari pada tabel distribusi normal maka bernilai 0,0007. Maka proporsi ketidaksesuaian tersebut adalah sebesar 0,0007 atau 0,07 %.

b. Menggunakan Grafik Probabilitas

Berdasar langkah – langkah yang telah dijelaskan sebelumnya maka plot grafiknya sebagai berikut:

Tabel 6. 4 probabilitas data Resistansi Koil

Obs	Resistansi koil	Probabilitas (Pi)	Obs	Resistansi koil	Probabilitas (Pi)
1	22,5	0,010	26	30,4	0,510
2	23,7	0,030	27	30,5	0,530
3	25,0	0,050	28	30,5	0,550
4	25,0	0,070	29	30,6	0,570
5	25,3	0,090	30	30,8	0,590
6	25,5	0,110	31	31,2	0,610
7	25,6	0,130	32	31,4	0,630
8	25,8	0,150	33	31,5	0,650
9	26,4	0,170	34	31,8	0,670
10	26,4	0,190	35	32,1	0,690
11	26,5	0,210	36	32,2	0,710
12	26,7	0,230	37	32,3	0,730
13	26,9	0,250	38	32,6	0,750
14	27,2	0,270	39	33,1	0,770
15	27,5	0,290	40	33,6	0,790
16	27,6	0,310	41	34,2	0,810
17	27,6	0,330	42	34,3	0,830
18	28,2	0,350	43	34,4	0,850
19	28,4	0,370	44	34,7	0,870
20	28,5	0,390	45	34,7	0,890
21	28,5	0,410	46	35,1	0,910
22	28,9	0,430	47	35,4	0,930
23	30,0	0,450	48	36,3	0,950
24	30,1	0,470	49	38,8	0,970
25	30,2	0,490	50	39,0	0,990



Gambar 6.8 Grafik probability resistansi koil menggunakan minitab

Berdasar grafik diatas maka dapat dicari meannya yaitu persentil ke 50 sebesar sekitar 30 ohm, dan dapat dicari standar deviasinya yaitu selisih antarpersentil 84 dengan 50 :

$$\begin{aligned} \text{Standar deviasi} &= \text{persentil 84} - \text{persentil 50} \\ &= 34,5 - 30,0 = 4,5 \text{ ohm.} \end{aligned}$$

Berdasar grafik tersebut juga dapat ditaksir proporsi cacatnya yaitu sekitar 10% produk yang kurang dari batas spesifikasi:

6.2.3 ANALISIS KEMAMPUAN PROSES MENGGUNAKAN GRAFIK PENGENDALI

Histogram dan grafik probabilitas meringkaskan penampilan proses. Kedua metode itu tidak selalu membeberkan kemampuan proses yang tersembunyi karena keduanya tidak berbicara masalah pengendalian statistik, atau menunjukkan pola sistematis dalam variasi proses yang jika dihilangkan dapat mengurangi variabilitas

karakteristik kualitas. Grafik pengendali sangat efektif dalam hal ini,. Grafik pengendali dipandang sebagiateknik analisis kemampuan proses yang utama.

.Dalam analisis kemampuan proses, grafik pengendali sifat dan variabel keduanya dapat digunakan. Bilamana mungkin grafik \bar{x} dan R harus digunakan, sebab kedua grafik itu memberikan kekuatan yang lebih besar dan informasi yang lebih baik relatif terhadap grafik sifat. Tetapi grafik p dan grafik c (atau u) keduanya berguna dalam menganalisa kemampuan proses. Untuk menggunakan grafik p harus ada spesifikasi pada karakteristik produk, sedangkan grafik \bar{x} dan R memungkinkan kita mempelajari proses tanpa memperhatikan spesifikasi. Grafik pengendali \bar{x} dan R memungkinkan variabilitas sesaat (kemampuan proses jangka pendek) dan variabilitas sepanjang waktu (kemampuan proses jangka panjang) dianalisa.

Grafik atribut juga dapat digunakan untuk menyatakan AKP. Untuk grafik p, ukuran kemampuannya pada nilai tengah \bar{p} , untuk grafik np ukuran kemampuannya pada nilai tengah np. Untuk grafik c ukuran kemampuannya pada nilai tengah c. Untuk grafik u ukuran kemampuannya pada nilai tengah u. Untuk grafik U ukuran kemampuannya pada nilai tengah U. Batas atas dan batas bawah merupakan batas yang digunakan untuk mengukur proses tersebut terkontrol atau tidak.

Contoh 6.3 :

Tabel 6.5 Data Kekuatan Botol

sampel	data					\bar{x}	R
1	265	205	263	307	220	252,0	102
2	268	260	234	299	215	255,2	84
3	197	286	274	243	231	246,2	89
4	267	281	265	214	318	269,0	104
5	346	317	242	258	276	287,8	104
6	300	208	187	264	271	246,0	113
7	280	242	260	321	228	266,2	93
8	250	299	258	267	293	273,4	49
9	265	254	281	294	223	263,4	71
10	260	308	235	283	277	272,6	73
11	200	235	246	328	296	261,0	128
12	276	264	269	235	290	266,8	55
13	221	176	248	263	231	227,8	87
14	334	280	265	272	283	286,8	69
15	265	262	271	245	301	268,8	56

16	280	274	253	287	258	270,4	34
17	261	248	260	274	337	276,0	89
18	250	278	254	274	275	266,2	28
19	278	250	265	270	298	272,2	48
20	257	210	280	269	251	253,4	70
						$\bar{x} = 264,06$	$\bar{R} = 77,3$

Data diatas menyajikan data kekuatan meledak botol minuman ringan dalam 20 sampel masing-masing dengan 5 observasi. Perhitungan untuk grafik \bar{x} dan R :

Grafik R :

$$\text{Garis tengah} = \bar{R} = 77,3$$

$$\text{BPA} = D_4 \bar{R} = (2,115)(77,3) = 163,49$$

$$\text{BPB} = D_3 \bar{R} = (0)(77,3) = 0$$

Grafik \bar{x} :

$$\text{Garis tengah} = \bar{x} = 264,06$$

$$\text{BPA} = \bar{x} + A_2 \bar{R} = (264,06) + (0,577)(77,3) = 308,66$$

$$\text{BPB} = \bar{x} - A_2 \bar{R} = (264,06) - (0,577)(77,3) = 210,46$$

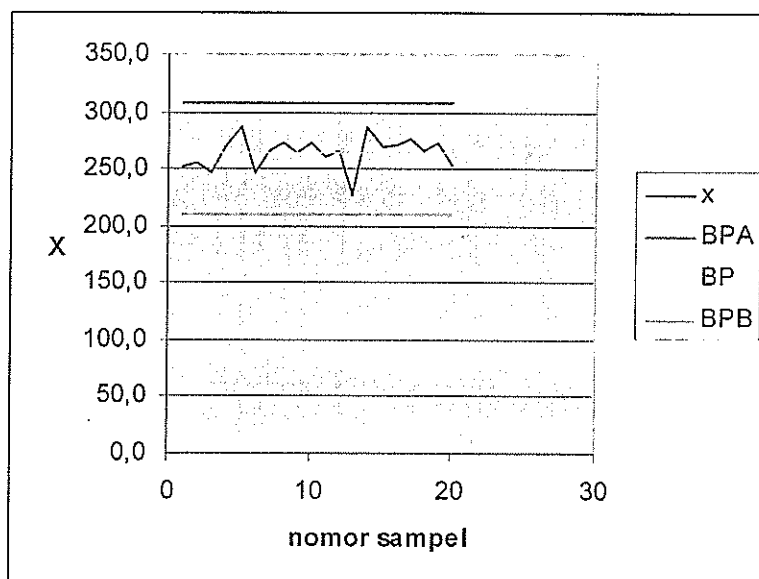
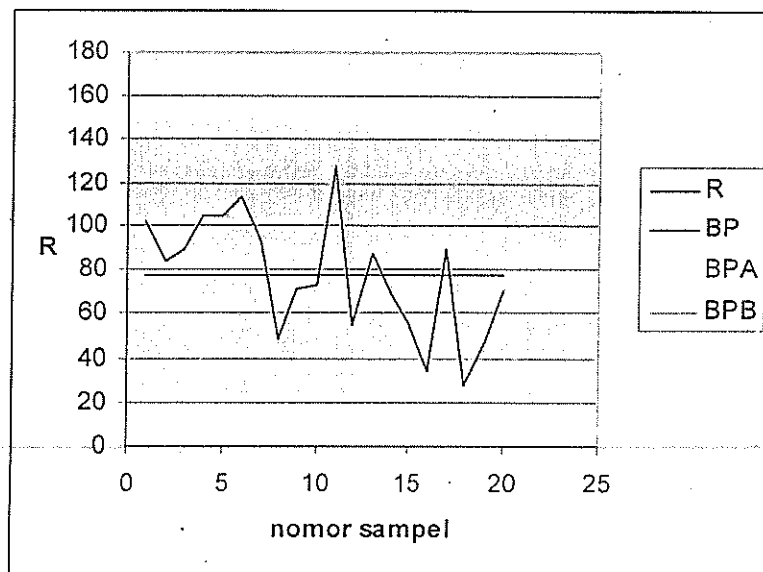
Parameter proses :

$$\bar{\mu} = \bar{x} = 264,06$$

$$\hat{\sigma} = \frac{R}{d_2} = \frac{77,3}{2,326} = 33,23$$

Jadi perbandingan kemampuan proses adalah :

$$\begin{aligned} \text{PKP} &= \frac{\mu - BSE}{3\sigma} \\ &= \frac{264,06 - 200}{3(33,23)} \\ &= 0,64 \end{aligned}$$



Gambar 6.9 \bar{x} dan R bagi data kekuatan botol

Contoh ini melukiskan suatu proses yang terkendali, tetapi beroperasi pada tingkat yang tidak dapat diterima. Tidak ada fakta guna menunjukkan bahwa produksi unit yang tidak sesuai adalah dapat dikendalikan operator. Campur tangan manajemen akan diperlukan guna meningkatkan proses atau mengubah persyaratan jika masalah kualitas dengan botol yang harus dipecahkan. Tujuan campur tangan ini adalah guna meningkatkan perbandingan kemampuan proses paling sedikit sampai minuman yang

dapat diterima. Grafik pengendali digunakan sebagai alat pemantau atau pedoman untuk menunjukkan pengaruh perubahan dalam proses pada penampilan-penampilan proses.

Analisis kemampuan proses juga dapat menunjukkan proses tak terkendali. Dalam hal seperti itu membahayakan untuk menaksir kemampuan proses. Proses harus stabil supaya menghasilkan taksiran kemampuan proses yang dapat dipercaya. Apabila proses tak terkendali dalam tingkat-tingkat awal analisis kemampuan proses, tujuan pertama adalah menemukan dan menghilangkan sebab-sebab terduga untuk membawa proses ke dalam keadaan terkendali.

6.2.4 ANALISIS KEMAMPUAN PROSES MENGGUNAKAN RANCANGAN PERCOBAAN

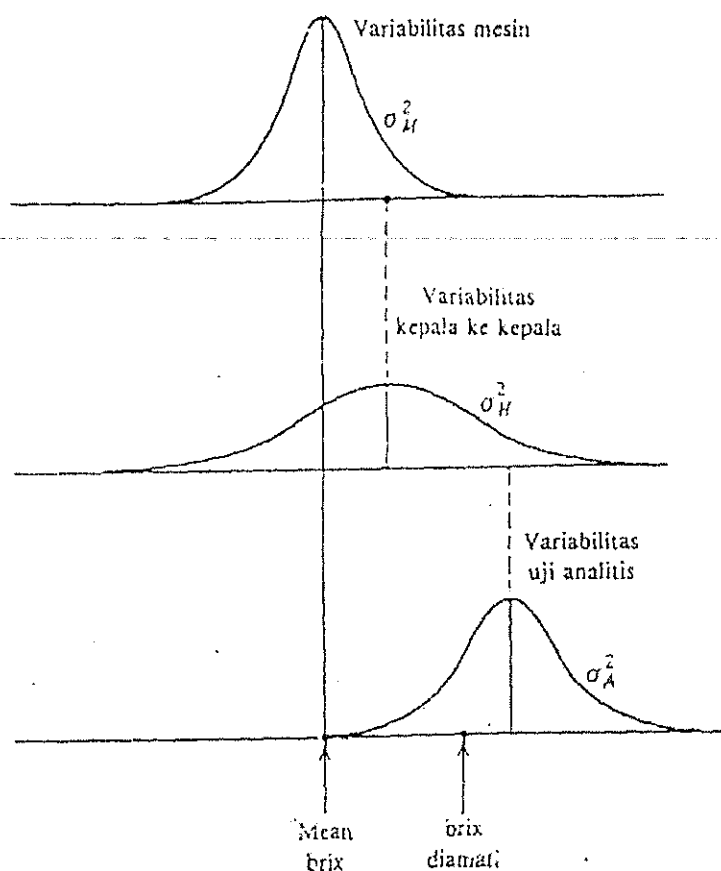
Rancangan percobaan adalah pendekatan sistematis terhadap masukan yang berubah-ubah variabel yang terkendali didalam proses dan menganalisa pengaruh variabel proses ini pada hasilnya. Rancangan percobaan juga berguna dalam menemukan himpunan variabel proses mana yang berpengaruh terhadap hasil dan pada nilai berapa variabel ini harus dipertahankan supaya penampilan proses optimal. Jadi rancangan percobaan tidak hanya berguna dalam menaksir kemampuan proses, melainkan dalam masalah produksi dan pengembangan yang lebih umum.

Salah satu penggunaan utama rancangan percobaan adalah dalam memisahkan dan menaksir sumber-sumber variabilitas dalam suatu proses. Sebagai contoh suatu mesin yang mengisi botol dengan minuman keras. Tiap mesin mempunyai banyak kepala pengisi yang harus disetel secara independen. Karakteristik kualitas yang diukur adalah kadar aroma (dalam derajat brix) produk akhir. Dapat terjadi variasi dalam brix yang diamati (σ^2_B) karena variabilitas mesin (σ^2_M), variabilitas kepala (σ^2_A), dan variabilitas uji analitis (σ^2_H). Variabilitas dalam nilai brix yang diamati adalah:

$$(\sigma^2_B) = (\sigma^2_M) + (\sigma^2_A) + (\sigma^2_H)$$

Suatu percobaan dapat dirancang, yang melibatkan pengambilan sampel dari beberapa mesin, beberapa kepala pada tiap mesin, dan membuat beberapa analisis pada tiap botol, yang akan memungkinkan menaksir variansi (σ^2_M), (σ^2_A), dan (σ^2_H). Misalkan hasilnya seperti tampak pada gambar 2.10. Karena bagian yang cukup besar dari variabilitas keseluruhan dalam brix yang diamati disebabkan oleh variabilitas antar

kepala, ini menunjukkan mungkin sekali proses dapat ditingkatkan dengan menurunkan variabilitas dari kepala ke kepala. Ini dapat dilakukan dengan penyetulan atau pengendalian operasi mesin dengan lebih teliti.



Gambar 6.10 Sumber variasi dalam contoh pengisian botol

Contoh 6.4 :

Tabel 5.6 Data cacat papan untaian tercetak

Operator	Rencana 1				Rencana 1				Jumlah Operator
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Peralatan 1	22	23	28	25	26	27	28	24	404
	24	24	29	23	28	25	25	23	
Peralatan 2	30	29	30	27	29	30	24	29	447
	27	28	32	25	28	27	23	30	
Peralatan 3	25	24	27	26	27	26	24	28	401
	21	22	25	23	25	24	27	27	
Jumlah	149	150	171	149	163	159	151	160	1252
Jumlah	619				633				

Seorang insinyur produksi yang menyelidiki sisipan tangan komponen elektronik pada papan untai tercetak untuk mengurangi banyaknya papan cacat yang diproduksi. Dia telah merancang 3 peralatan perakitan dan 2 rencana tempa kerja yang kelihatan memberikan harapan. Operator diwajibkan melakukan perakitan dan diputuskan untuk memilih secara random 4 operator bagi tiap kombinasi peralatan dan rencana. Tetapi, karena tempat kerja berbeda-beda letaknya dalam pabrik maka sukar menempatkan empat operator yang sama bagi tiap rencana. Maka, empat operator yang dipilih bagi rencana 1 adalah individu yang berbeda dengan empat operator yang dipilih bagi rencana 2 seperti terlihat dalam tabel berikut :

Analisis variansi bagi data papan untai tercetak yang cacat

Sumber variansi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat rata-rata	Fo
Peralatan (<i>P</i>)	82.20	2	41.40	7.54 ^b
Rencana (<i>R</i>)	4.08	1	4.08	0.34
Operator dalam rencana				
(<i>O</i> / <i>R</i>)	71.90	6	11.99	5.15 ^b
PR	19.04	2	9.52	1.73
PO(<i>R</i>)	65.84	12	5.49	2.36 ^a
Sesatan	56.00	24	2.33	
Jumlah	299.67	47		

^a spesifikasi pada 5 %

^b spesifikasi pada 1%

Teknik yang digunakan untuk memisahkan variabilitas keseluruhan ke dalam berbagai komponen adalah *analisis variansi*. Pada tabel paling bawah *analisis variansi* menunjukkan bahwa peralatan perakitan berbeda signifikan pengaruhnya terhadap cacat yang disebabkan penyisipan tangan, tetapi rencana kerja tidak berbeda. Karena dalam setiap rencana digunakan operator yang berbeda, kita dapat memisahkan sumber variabilitas karena operasi di dalam rencana, dan sumber ini juga signifikan secara statistik, yang menunjukkan adanya pengaruh operator yang berbeda. Juga terdapat interaksi yang signifikan antara operator peralatan dalam rencana, yang menunjukkan bahwa pengaruh peralatan yang berbeda tidak sama bagi semua operator. Dengan demikian, guna mengurangi banyak cacat penyisipan tangan, maka harus memusatkan perhatian pada peralatan jenis 1 dan 3 (karena jumlah peralatan ini lebih kecil dibanding peralatan 2).

Contoh 6.5 : Pengurangan Variabilitas Dalam Proses

Papan partikel atau produk hiasan yang lain diproduksi dengan mempersatukan keeping kayu dengan dammar formaldehidaurea. Setelah produksi, pemancaran formaldehida bebas merupakan ciri produk yang tidak disenangi. Standar sekarang menuntut harus tidak ada papan yang memancarkan lebih dari 0.45 ppm formaldehida.

Beberapa faktor yang dapat dikendalikan dalam proses produksi disangka mempengaruhi pemancaran formaldehida. Faktor-faktor itu adalah:

- a. jenis damar
- b. konsentrasi larutan pembersih
- c. waktu putaran tekanan
- d. temperatur tekanan
- e. kadar kelembaban keping
- f. tekanan

proses pada saat ini beroperasi pada tingkat pemancaran rata-rata 0.35 ppm dan deviasi standar kira-kira 0.25 ppm. Jelas, penamilan proses tidak dapat diterima. Rancangan percobaan akan digunakan dalam usaha mengurangi variabilitas pemancaran formaldehida dan meningkatkan rata-rat proses.

Dalam rancangan percobaan, tiap faktor dijalankan pada dua tingkat, kita namakan rendah (-1) dan tinggi (+1). Pada tiap pengulangan, di uji lima papan, da dihitung rata-rata dan deviasi standar pemancaran formaldehida. Percobaan dan data hasilnya ditunjukkan dalam tabel berikut

Tabel 5. 7 Data Pemancaran Formaldehida

Percobaan	Faktor						Data Pemencaran		
	A	B	C	D	E	F	\bar{x}	$\hat{\sigma}$	S/N
1	-1	-1	-1	1	1	1	0.42	0.05	18.49
2	1	-1	-1	-1	-1	-1	0.28	0.33	-1.43
3	-1	1	-1	-1	1	-1	0.49	0.35	2.92
4	1	1	-1	1	-1	-1	0.42	0.19	6.89
5	-1	-1	1	1	-1	-1	0.24	0.02	21.58
6	1	-1	1	-1	1	-1	0.38	0.29	2.35
7	-1	1	1	-1	-1	1	0.21	0.36	-4.68
8	1	1	1	1	1	1	0.40	0.38	0.45

Pembaca yang akrab dengan rancangan percobaan dapat mengenali rancangan itu sebagai satu perdelapan bagian dari rancangan 2^6 ; yakni, rancangan factorial fraksional 2^{6-3} . Rancangan ini hanya memungkinkan untuk menaksir pengaruh utama faktor A,B,C,D,E dan F. Untuk pembentukan dan analisis rancangan ini yang rinci lihat montgomery (1984).

Tabel di atas juga menunjukkan rata-rata sampel \bar{x} dan deviasi standar $\hat{\sigma} = R/d_2$ bagi tiap pengulangan. Kita akan menggunakan data ini untuk meminimumkan variabilitas pemancaran formaldehida dan mengoptimumkan penampilan proses. Daripada bekerja secara langsung dengan mean dan deviasi standar, kita akan bekerja dengan perbandingan tanda terhadap gangguan dalam tabel di atas, yang didefinisikan sebagai

$$S/N = 20 \log_{10} \frac{\bar{x}}{\hat{\sigma}}$$

Jadi S/N didefinisikan dalam skala desibel. Dalam bentuk optimisasi proses, kita ingin menentukan tingkat faktor yang memaksimumkan perbandingan tanda terhadap gangguan selagi menjaga tingkat pemancaran rata-rata rendah. Masalah ini dipecahkan dalam dua tingkat sebagai berikut:

1. tentukan faktor yang mempunyai pengaruh signifikan pada perbandingan S/N. Kadang-kadang faktor ini dinamakan faktor pengendali, yang berarti faktor-faktor itu mengendalikan perbandingan tanda terhadap gangguan. Carilah tingkat faktor yang memaksimumkan perbandingan tanda terhadap gangguan.
2. pilihlah faktor yang mempunyai pengaruh terkecil (idealnya tidak mempunyai pengaruh sama sekali) terhadap perbandingan S/N di antara semua faktor yang mempengaruhi mean proses. Faktor ini dinamakan faktor tanda. Pasanglah tingkat faktor tanda sedemikian hingga mean proses optimal.

Faktor yang tidak mempengaruhi perbandingan S/N maupun mean proses dapat dipasang pada sembarang nilai yang disenangi atau enak dengan operasi proses.

Guna menaksir pengaruh sesuatu faktor, misalnya A kita gunakan $A = 1/4A'y$ dengan $A' = [-1,+1,-1,+1,-1,+1,-1,+1]$ adalah kolom tanda yang berkaitan dengan faktor A dalam tabel di atas dan y adalah vektor respon. Dengan menggunakan perbandingan

S/N sebagai respon, kita dapat menaksir pengaruh faktor-faktor itu pada perbandingan S/N sebagai

$$A = -14$$

$$B = -43$$

$$C = 12$$

$$D = 29$$

$$E = 10$$

$$F = -10$$

Pengaruh jenis damar (A), konsentrasi scavenger (B), dan temperatur tekanan (D) adalah besar. Dengan memasang A pada tingkat rendah atau -1, B pada tingkat rendah atau -1, dan D pada tingkat tinggi atau +1 akan memaksimumkan perbandingan S/N. Sebenarnya, dari tabel di atas, respon proses tertaksir pada keadaan atau tingkat tertentu faktor pengendali ini adalah

$$\text{Mean} = (0.42 + 0.24)/2 = 0.33 \text{ ppm}$$

$$\text{Deviasi standar} = (0.05 + 0.02)/2 = 0.035 \text{ ppm}$$

Selagi deviasi standar proses itu rendah pada keadaan tertentu ini, mean proses itu tinggi yang tak dapat diterima. Kita perlu memeriksa data bagi faktor tanda, sehingga mean proses dapat direndahkan sampai tingkat yang dapat diterima. Dengan menggunakan mean sampel \bar{x} sebagai variable respon, taksiran pengaruh variable proses adalah

$$A = -0.10$$

$$B = -0.03$$

$$C = -0.15$$

$$D = -0.10$$

$$E = 0.77$$

$$F = 0.01$$

Satu-satunya faktor tanda adalah E (kadar kelembaban). Karena tanda E positif, menaikkan E dari tingkat rendah ke tingkat tinggi akan menaikkan mean, yang merupakan kebalikan dari pengaruh yang diinginkan. Jadi, menurunkan kadar

kelembaban akan menurunkan mean tingkat pemancaran. Data dalam tabel pengamatan menunjukkan bahwa jika A dan B pada tingkat rendah dan D pada tingkat atas, maka jika E pada tingkat rendah, mean proses adalah 0.24 ppm dan deviasi standar 0.02 ppm. Ini merupakan peningkatan yang cukup besar dari penampilan proses yang sekarang.

Jika enak untuk mengubah faktor tanda selama produksi, maka ini dapat menjadi bagian yang penting dari pola pengendalian proses pada jalur. Apabila grafik \bar{x} menunjukkan bahwa mean proses telah bergeser ke suatu nilai yang tidak diinginkan, factor tanda dapat disesuaikan guna membawa kembali proses itu kesasaran. Dalam proses papan partikel, kadar kelembaban dalam keping tidak dapat diubah dengan mudah selama produksi, tetapi dapat dipantau guna memberikan petunjuk utama masalah pemancaran.

Contoh 6.6 :

Suatu perusahaan tekstil memiliki banyak alat tenun. Setiap alat tenun diharapkan mampu menyediakan output pakaian per menit yang sama. Untuk menyelidiki asumsi ini, lima alat tenun dipilih secara acak dan output alat tenun tersebut dicatat pada waktu yang berbeda. Data-data alat tenun tersebut adalah sebagai berikut:

Loom	Output (lb/min)				
1	14.0	14.1	14.2	14.0	14.1
2	13.9	13.8	13.9	14.0	14.0
3	14.1	14.2	14.1	14.0	13.9
4	13.6	13.8	14.0	13.9	13.7
5	13.8	13.6	13.9	13.8	14.0

- Jelaskan mengapa data-data diatas merupakan random effect experiment. Apakah alat tenun sama dalam output?
- Hitunglah variabilitas diantara alat tenun.
- Hitunglah experimental error variance.
- Temukan $\sigma_r^2 / (\sigma_r^2 + \sigma^2)$ pada selang kepercayaan 95 persen.

Penyelesaian:

- Eksperimen ini termasuk random effect experiment karena data-data output alat tenun yang ada diambil secara random.

- Output-output alat tenun ini (melalui perhitungan yang dilakukan pada soal b, c dan d) terbukti tidak sama.

Ket: H_0 = output setiap mesin tenun sama

H_1 = Output setiap mesin tenun berbeda secara signifikan

Loom	Output (lb/min)					Total (y_i)	Rata-rata (\bar{y}_i)
1	14.0	14.1	14.2	14.0	14.1	70.4	14.08
2	13.9	13.8	13.9	14.0	14.0	69.6	13.92
3	14.1	14.2	14.1	14.0	13.9	70.3	14.06
4	13.6	13.8	14.0	13.9	13.7	69.0	13.80
5	13.8	13.6	13.9	13.8	14.0	69.1	13.82
						$y = 348.4$	$\bar{y}_i = 69.68$

b. Variabilitas Total:

$$\begin{aligned}
 SST &= \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s y_{ij}^2 - \frac{y^2}{N} \\
 &= (14.0)^2 + (14.1)^2 + (14.2)^2 + (14.0)^2 + (14.1)^2 + (13.9)^2 + (13.8)^2 + (13.9)^2 + \\
 &\quad (14.0)^2 + (14.0)^2 + (14.1)^2 + (14.2)^2 + (14.1)^2 + (14.0)^2 + (13.9)^2 + (13.6)^2 + \\
 &\quad (13.8)^2 + (14.0)^2 + (13.9)^2 + (13.7)^2 + (13.8)^2 + (13.6)^2 + (13.9)^2 + (13.8)^2 + \\
 &\quad (14.0)^2 - \frac{(348.4)^2}{25} \\
 &= 4855.94 - 4855.30 \\
 &= 0.64
 \end{aligned}$$

Variabilitas Antar Alat Tenun:

$$\begin{aligned}
 SS_{\text{Treatments}} &= \sum_{i=1}^s \frac{y_i^2}{n} - \frac{y^2}{N} \\
 &= \frac{(70.4)^2 + (69.6)^2 + (70.3)^2 + (69.0)^2 + (69.1)^2}{5} - \frac{(348.4)^2}{25} \\
 &= 4855.64 - 4855.30 \\
 &= 0.34
 \end{aligned}$$

c. Experimental Error Variance

$$\begin{aligned} SSE &= SST - SS_{\text{Treatment}} \\ &= 0.64 - 0.34 \\ &= 0.30 \end{aligned}$$

Tabel 5.8 Analisis Variansi untuk Alat Tenun

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	Fo
Variabilitas	0.34	5	0.085	5.67
Error	0.30	20	0.015	
Total	0.64	24		

Catatan:

$$MS_{\text{Treatment}} = \frac{SS_{\text{Treatment}}}{a - 1} = \frac{0.34}{4} = 0.085$$

$$MSE = \frac{SSE}{N - a} = \frac{0.3}{20} = 0.015$$

$$F_o = \frac{MS_{\text{Treatment}}}{MSE} = \frac{0.085}{0.015} = 5.67$$

d. Dengan tingkat kepercayaan 95%, maka:

$$\alpha = 5\%$$

$$F_{\alpha, a-1, N-a} = F_{0.05, 4, 20} = 2.87$$

Karena $F_o < F_{\text{hitung}} = 5.67 < 2.87$, maka H_0 ditolak dan dapat dikatakan bahwa output tiap mesin tenun berbeda.

SOAL :

1. Berat nominal kaleng satu-pound berisi sari ramuan kimia ditunjukkan di bawah ini.

Buatlah grafik probabilitas normal data itu dan taksirlah kemampuan proses.

0.9475	0.9775	0.9965	1.0075	1.0180
0.9705	0.9860	0.9975	1.0100	1.0200
0.9770	0.9960	1.0050	1.0175	1.0250

$$\text{Jawab : } \hat{\sigma} = x_{84} - x_{50} = 1.0200 - 0.9975 = 0.0225$$

2. Suatu sampel dengan 20 pengukuran pada karakteristik kualitas berdistribusi normal mempunyai $\bar{x}=350$ dan $S=10$. Hitunglah batas toleransi alami atas yang mempunyai probabilitas 0.90 akan memuat 95% dari distribusi karakteristik kualitas ini?

Jawab : UTL = 372.08

3. Suatu sampel random dengan $n = 40$ bagian pipa yang menghasilkan mean ketebalan tembok 0.1264 inch dan deviasi standar 0.0003 inch. Kita anggap ketebalan tembok berdistribusi normal.

Antara batas berapa kita dapat mengatakan dengan keyakinan 95% bahwa 95% dari ketebalan tembok akan jatuh di dalamnya.

Hitunglah interval kepercayaan pada mean ketebalan yang sebenarnya. Jelaskan perbedaan antara interval ini dengan interval yang dibuat pada bagian (a).

Jawab : (a) $0.1257 \leq x \leq 0.1271$

(b) $0.1263 \leq \bar{x} \leq 0.1265$

4. Kombinasi alat uji pemeriksa diketahui untuk menguji benda dengan kesalahan rata-rata nol; tetapi, deviasi standar kesalahan pengukuran diketahui sama dengan 3. Sampel-sampel dari proses terkendali diukur dari data yang dicatat mempunyai deviasi standar 5. Berapakah deviasi standar proses yang sebenarnya?

Jawab : $\hat{\sigma}_{proses} = 4$

5. Lempeng logam segiempat dengan lebar L dan panjang P dipotong dari plat dengan ketebalan T . Jika L , P , dan T variabel random independen dengan mean dan standar deviasi yang diberikan berikut dan kepadatan logam itu adalah 0.08 g/cm^3 , berapakah nilai taksiran mean dan standar deviasi lebar lempeng yang diproduksi dengan proses itu?

<u>Variabel</u>	<u>Mean</u>	<u>Standar Deviasi</u>
L	10 cm	0.2 cm
P	20 cm	0.3 cm
T	3 cm	0.1 cm

Jawab : $\hat{\mu}_L = 48$, $\hat{\sigma} = 0.04252$

6. Sampel dari 25 pengukuran pada karakteristik kualitas berdistribusi normal dengan rata-rata 85 dan standar deviasi 1. Dengan menggunakan probabilitas kepercayaan 0.95, hitunglah satu nilai sedemikian hingga 90% dari pengukuran yang akan datang pada karakteristik kualitas ini akan jatuh di atasnya.

Jawab : UTL = 323.55

7. Suatu proses terkendali memiliki dengan $\bar{x} = 100$, $\bar{S} = 1.05$ dan $n = 5$.

Tentukan kapabilitas potensial

Tentukan kapabilitas actual

Bagaimana proses dapat dikurangi jika proses yang diperbaiki dioperasikan pada spesifikasi nominal?

Jawab : a. $\hat{C}_p = 2.98$

b. $\hat{C}_{pk} = 1.49$

c. $\hat{P}_{actual} = 0.000004$, $\hat{P}_{potensial} = 0.000000$

8. Berat molekul dari polimer harus berada antara 2100 dan 2350. 50 sampel dari material ini dianalisa dengan hasil $\bar{x} = 2275$ dan $S = 60$. Asumsikan berat molekul berdistribusi normal.

Hitung estimasi C_{pk}

Hitunglah 95% selang kepercayaan untuk C_{pk}

Jawab : a. $\hat{C}_{pk} = 0.42$

b. $0.2957 \leq C_{pk} \leq 0.5443$

Daftar Pustaka

- Amitava Mitra, Fundamentals of Quality Control and Improvement, Macmillan Publishing Company, 1993
- Douglas C. Mongometry., Introduction to Statistical Quality Control", John Willey ang Sons Inc, 1985
- Eugine L. Grant, Richard S. Leavenworth, Statistical Quality Control, McGraw Hill, Inc, 1988

BAB VII

PENGENDALIAN

KUALITAS

JASA

Tujuan Instruksional Khusus :

- 1. Mahasiswa mampu menentukan karakteristik mutu dari suatu pelayanan jasa**
- 2. Mahasiswa mampu menentukan teknik-teknik pengendalian mutu yang diperlukan untuk mengendalikan mutu pelayanan (jasa)**

Pengertian Jasa

Industri secara umum dapat dibagi menjadi dua macam yaitu industri manufaktur dan industri jasa. Kedua industri ini menghasilkan produk namun dalam bentuk yang berbeda, yaitu berwujud dan tidak berwujud dan jasa merupakan jenis produk yang tidak berwujud.

Klasifikasi produk berdasarkan daya tahan atau berwujud tidaknya suatu produk dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok. Pertama, barang tidak tahan lama (*nondurable goods*), yaitu barang berwujud yang biasanya habis dikonsumsi dalam satu atau beberapa kali pemakaian. Kedua, barang tahan lama (*durable goods*) adalah barang berwujud yang biasanya bisa bertahan lama dan memiliki umur ekonomis lebih dari satu tahun. Dan yang ketiga adalah jasa (*service*) yang merupakan aktifitas manfaat atau kepuasan yang ditawarkan untuk dijual.

Ada beberapa pengertian jasa menurut para ahli, yaitu:

1. Menurut Philip Kotler dan Armstrong (1994)

Jasa adalah setiap kegiatan atau manfaat yang ditawarkan kepada pihak lain, yang pada dasarnya tidak berwujud dan tidak menghasilkan kepemilikan sesuatu. Proses produksinya mungkin juga tidak dikaitkan dengan suatu produk fisik.

2. Menurut Robert D. Reid

Jasa adalah sesuatu yang tidak berwujud, tidak seperti produk yang berwujud, jasa bukan barang fisik, tetapi suatu yang menghadirkan kegiatan atau perbuatan. Kehadirannya ini umumnya dilakukan atas dasar personal sering berhadapan-hadapan langsung antara individu.

3. Menurut Christian Gronroos

Jasa adalah aktivitas atau rangkaian aktivitas dari suatu hakikat yang tidak berwujud yang berinteraksi antara konsumen dan pemberi jasa dan/atau sumber daya fisik atau barang dan/atau sistem yang memberikan jasa, yang memberikan solusi bagi masalah-masalah konsumen.

4. Joseph G. Bonnice (1972)

Jasa adalah suatu pekerjaan yang dilakukan untuk anda yang dapat berguna bagi diri anda.

5. John A. Fitzsimmon (1982)

Jasa adalah sebuah paket dari manfaat eksplisit dan implisit yang ditunjukkan melalui penggunaan barang pemfasilitas dan fasilitas pendukung.

6. Zeithaml dan Britner (1996)

Jasa adalah setiap aktivitas ekonomi yang outputnya bukan merupakan suatu produk fisik atau konstruksi, umumnya dikonsumsi pada saat yang sama pada saat jasa tersebut dihasilkan, dan memberikan nilai tambah (dalam bentuk kenyamanan, hiburan, kesenangan, atau kesehatan).

Berdasarkan definisi-definisi di atas dapat disimpulkan bahwa jasa mengandung tiga hal penting, yaitu: jasa bersifat tidak nyata (*intangible*), adanya interaksi antara konsumen dengan pihak penyedia jasa, dan adanya manfaat atau *added value* yang dirasakan oleh konsumen.

Sedangkan yang membedakan antara industri manufaktur dan industri jasa adalah sebagai berikut:

Tabel 7.1 Perbedaan Industri Manufaktur dan Industri Jasa

Sektor manufaktur	Sektor jasa
Produk yang dihasilkan nyata	Jasa terdiri dari komponen nyata dan tidak nyata
Mungkin terjadi <i>backorder</i>	Jasa tidak dapat disimpan; jika tidak digunakan maka akan hilang.
Hanya produser atau perusahaan yang terlibat dalam pembuatan produk	Pelayanan/jasa melibatkan produsen dan konsumen.
Produk dapat <i>di-resold</i> (dijual kembali)	Jasa tidak dapat <i>di-resold</i> .
Konsumen selalu menghendaki spesifikasi tertentu terhadap produk	Tidak ada spesifikasi khusus yang dikehendaki konsumen
Penerimaan konsumen terhadap produk mudah untuk dihitung/diukur.	Kepuasan konsumen sulit untuk diukur

Karakteristik Jasa

Karakteristik jasa bertujuan untuk membedakan jasa dari produk nyata. Jasa memiliki karakteristik yang sangat berpengaruh dalam perancangan suatu program pemasaran dan pengambilan keputusan terutama dalam upaya meningkatkan kualitasnya. Di bawah ini beberapa karakteristik jasa, menurut para ahli, yaitu:

1. Menurut Philip Kotler

Menurut Philip Kotler jasa mempunyai empat karakteristik utama yang berpengaruh besar pada perencanaan program pemasaran yaitu:

(1) *Intangibility* (tidak berwujud)

yaitu bahwa jasa tidak dapat dilihat, diraba, dirasakan, didengar atau dicium sebelum dikonsumsi.

(2) *Inseparability* (tidak dapat dipisahkan)

yaitu kegiatan jasa tidak dapat dipisahkan dari pemberi jasa, baik perorangan ataupun organisasi serta perangkat mesin/teknologi. Kualitas jasa ditentukan oleh *proses interaksi antara penyedia dan penerimanya*

(3) *Variability* (heterogen)

yaitu bahwa kualitas jasa yang diberikan oleh manusia dan mesin/peralatan bisa berbeda-beda, tergantung pada siapa yang memberi, waktu, dan tempat jasa tersebut diberikan.

(4) *Perishability* (tidak tahan lama)

yaitu bahwa jasa tidak bisa disimpan untuk kemudian dijual atau digunakan, sehingga pada dasarnya jasa langsung dikonsumsi pada saat diberi.

2. Menurut Lovelock

Menurut Lovelock jasa mempunyai tiga karakteristik utama yaitu:

(1) *More intangible than tangible* (cenderung tidak berwujud)

Jasa merupakan perbuatan, penampilan, atau suatu usaha sehingga bila konsumen membeli jasa maka umumnya jasa tersebut tidak berwujud, tetapi bila konsumen membeli suatu barang maka barang itu umumnya berwujud sehingga dapat dipakai atau ditempatkan pada suatu tempat.

(2) *Simultaneous production and consumption* (produksi dan konsumsi serentak)

Jasa diproduksi dan dikonsumsi dalam waktu yang sama artinya penghasil jasa hadir secara fisik pada saat konsumsi berlangsung.

(3) *Less standardized and uniform* (kurang terstandarisasi dan seragam)

Industri jasa cenderung dibedakan berdasarkan orang (*people based*) dan peralatan (*equipment based*). Hasil jasa berdasarkan orang (*people based*) kurang memiliki standarisasi dibandingkan dengan hasil jasa yang menggunakan peralatan (*equipment based*).

Secara garis besar karakteristik jasa dapat dibagi menjadi empat kategori, yaitu:

1. *Human Factors and Characteristics Behavioral*

Ukuran kualitas yang digunakan adalah jumlah komplain dari konsumen yang berdasarkan faktor perilaku atau orang yang terlibat dalam proses jasa.

2. *Timeliness Characteristics*

Waktu yang dibutuhkan ketika jasa/pelayanan diberikan konsumen merupakan hal yang kritis bagi konsumen. Jasa/pelayanan yang tidak diberikan pada jangka waktu tertentu yang telah ditetapkan tidak dapat disimpan untuk dilaksanakan pada waktu yang akan datang. Ukuran kualitas yang digunakan adalah waktu untuk memesan suatu jasa/pelayanan tertentu, waktu tunggu sebelum jasa/pelayanan diberikan, waktu pada saat jasa/pelayanan diberikan, waktu *post-service*.

3. *Service Nonconformity Characteristics*

Karakteristik ini berhubungan dengan target tingkat performansi, dimana *nonconformity* adalah deviasi/penyimpangan dari tingkat yang ideal. Ukuran performansi yang digunakan adalah banyaknya kesalahan yang terjadi ketika suatu jasa/pelayanan diberikan kepada konsumen.

4. *Facility-Related Characteristics*

Karakteristik ini merupakan gabungan antara fasilitas yang dimiliki oleh suatu perusahaan dengan pelayanan dan pengiriman yang dilakukan perusahaan. Karakteristik ini tidak secara jelas dapat diukur dan didefinisikan seperti *service nonconformity characteristics* tetapi relatif lebih mudah untuk diukur daripada *human factors and characteristics behavioral*. Ukuran performansi yang digunakan adalah komplain konsumen terhadap kelengkapan fasilitas yang diberikan perusahaan yang dapat mempengaruhi kualitas pelayanan yang diberikan.

Klasifikasi Jasa

Menurut Lovelock, klasifikasi jasa dapat dilakukan berdasarkan tujuh kriteria, yaitu: segmen pasar, tingkat ketidakberwujudan (*intangibility*), ketrampilan penyedia jasa, tujuan organisasi jasa, regulasi, tingkat intensitas karyawan dan tingkat kontak penyedia jasa dan pelanggan. Untuk lebih jelasnya klasifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel 7.2.

Tabel 7.2 Klasifikasi Jasa

No	Basis	Klasifikasi	Contoh
1	Segmen pasar	<i>Konsumen akhir</i>	Salon kecantikan
		<i>Konsumen organisasional</i>	Konsultan manajemen
2	Tingkat ketidakberwujudan	<i>Rented-goods service</i>	Persewaan buku bacaan
		<i>Owened-goods service</i>	Reparasi kalkulator
		<i>Non-goods service</i>	<i>Tour leaders</i>
3	Keterampilan penyedia jasa	<i>Profesional service</i>	Pengacara
		<i>Nonprofesional service</i>	Supir
4	Tujuan organisasi	<i>Profit service</i>	Bank
		<i>Nonprofit service</i>	Panti sosial
5	Regulasi	<i>Regulated service</i>	Angkutan umum
		<i>Nonregulated service</i>	Katering
6	Tingkat intensitas karyawan	<i>Equipment-based service</i>	ATM
		<i>People-based service</i>	Pelatih sepakbola
7	Tingkat kontak penyedia jasa dengan pelanggan	<i>High-contact service</i>	Universitas
		<i>Low-contact service</i>	Bioskop

Sedangkan klasifikasi jasa berdasarkan tingkat penyedia jasa dan pelanggan dikembangkan oleh Schmenner melalui matriks proses jasa (Gambar 3.1). Pada matrik proses jasa, jasa diklasifikasikan berdasarkan dua dimensi yang mempengaruhi karakter proses penyampaian jasa. Dimensi horizontal adalah tingkat intensitas tenaga kerja, yang didefinisikan sebagai rasio antara biaya tenaga kerja dengan biaya modal. Sedangkan dimensi vertikalnya adalah tingkat interaksi dan *customization* pelanggan. *Customization* adalah variabel pemasaran yang menggambarkan kemampuan pelanggan untuk mempengaruhi secara personal sifat jasa yang disampaikan.

Keempat kuadran matriks diberi nama sesuai dengan definisi dua dimensi untuk menggambarkan sifat jasa tersebut. *Service Factory* menyediakan jasa yang terstandarisasi dengan investasi modal yang tinggi. *Service shop* memungkinkan lebih banyak *service customization*, tetapi investasi modalnya tinggi. *Mass service*, para pelanggan akan menerima jasa yang tidak dibedakan dalam lingkungan yang intensitas tenaganya tinggi. *Profesional service*, para pelanggan akan mendapatkan perhatian secara individual.

Tingkat Interaksi dan Customization

		<i>Rendah</i>	<i>Tinggi</i>
Tingkat Intensitas Tenaga Kerja	<i>Rendah</i>	<u><i>Service Factory:</i></u> <ul style="list-style-type: none"> • Penerbangan • Pengangkutan dengan truck • Hotel • Resor dan rekreasi 	<u><i>Service shop :</i></u> <ul style="list-style-type: none"> • Rumah Sakit • Reparasi mobil • Jasa reparasi lainnya
	<i>Tinggi</i>	<u><i>Mass Service:</i></u> <ul style="list-style-type: none"> • Penjualan eceran • Penjualan grosir • Sekolah • Aspek ritel dari perbankan komersial 	<u><i>Professional service :</i></u> <ul style="list-style-type: none"> • Dokter • Pengacara • Akuntan • Arsitek

Gambar 7.1 Matriks Proses Jasa

Kepuasan Pelanggan

Menurut Zeithaml (1990), kepuasan pelanggan dipengaruhi oleh persepsi atas kualitas jasa, persepsi atas kualitas produk, harga, serta faktor situasional dan faktor personal.

Kepuasan pelanggan adalah keadaan yang dicapai bila produk sesuai dengan kebutuhan atau harapan konsumen dan bebas dari kekurangan (Juran, 1992).

Ada dua hal yang perlu diperhatikan dalam membahas kepuasan pelanggan, yaitu harapan atau ekspektasi pelanggan dan persepsi pelanggan.

a. Ekspektasi Pelanggan

Menurut Olson dan Dover (dalam Zeithaml *et al.*, 1993), ekspektasi pelanggan atau harapan pelanggan merupakan keyakinan pelanggan sebelum mencoba atau membeli suatu produk yang dijadikan standar atau acuan dalam menilai kinerja produk tersebut.

Menurut Rust (1996), tingkatan ekspektasi pelanggan dibagi atas :

Will Expectation, yaitu tingkatan rata-rata kualitas yang diprediksi berdasarkan semua informasi yang diketahui. Ini merupakan tingkat ekspektasi yang sering disalahartikan oleh pelanggan dan peneliti. Ketika pelanggan mengatakan, "Jasa ini telah memenuhi keinginan saya". Berarti jasa ini lebih baik daripada yang mereka prediksi akan terjadi.

Should Expectation, yaitu apa yang konsumen rasakan sepantasnya mereka terima dari transaksi. Sangat sering apa yang mereka rasakan seharusnya terjadi lebih baik daripada yang mereka prediksi akan terjadi.

Ideal Expectation, yaitu apa yang akan terjadi dalam keadaan terbaik. Ini berguna sebagai barometer dari kesempurnaan.

Ekspektasi-ekspektasi ini secara kuat dipengaruhi oleh pengalaman buruk, maka *Will Expectation* akan turun, demikian sebaliknya *Should Expectation* akan cenderung naik, dan tidak pernah turun.

Menurut Zeithaml (1990), ekspektasi konsumen jasa terdiri dari dua tingkatan, yaitu:

1. Jasa yang diinginkan (*desired service*), yaitu tingkatan pelayanan yang diharapkan akan diperoleh dan merupakan paduan dari apa yang dianggap pelanggan dapat dilakukan dan harus dilakukan.
2. Jasa yang dianggap cukup (*adequate service*), yaitu tingkatan pelayanan yang masih dapat diterima pelanggan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ekspektasi pelanggan terhadap jasa, antara lain [Tjiptono, 1997.]:

1. Faktor penguat pemilihan jasa (*Enduring Service Intensifiers*) merupakan faktor yang bersifat stabil dan mendorong pelanggan untuk meningkatkan sensitivitasnya terhadap jasa. faktor ini meliputi harapan yang disebabkan oleh orang lain dan filosofi pribadi seseorang mengenai jasa. Seorang pelanggan akan mengharapkan bahwa ia seharusnya juga dilayani dengan baik apabila pelanggan lainnya dilayani dengan baik oleh penyedia jasa.
2. Keinginan Pribadi (*Personal Needs*), merupakan kebutuhan mendasar yang dirasakan seseorang bagi kesejahteraannya juga sangat menentukan

harapannya. Kebutuhan tersebut meliputi kebutuhan fisik, sosial dan psikologis.

3. Faktor Penguat Sementara (*Transitory Service Intensifiers*), merupakan faktor individual yang bersifat sementara (jangka pendek) yang meningkatkan sensitivitas pelanggan terhadap jasa. faktor ini meliputi situasi darurat pada saat pelanggan sangat membutuhkan jasa dan ingin penyedia jasa dapat membantunya, serta jasa terakhir yang dikonsumsi pelanggan dapat pula menjadi acuan untuk menentukan baik buruknya jasa berikutnya.
4. Alternatif-alternatif Penyedia Jasa Lain (*Perceived Service Alternatives*), merupakan persepsi pelanggan terhadap tingkat atau derajat pelayanan perusahaan lain yang sejenis. Jika pelanggan memiliki beberapa alternatif, maka harapannya terhadap suatu jasa cenderung akan semakin besar.
5. *Self-Perceived service Role*, merupakan persepsi pelanggan tentang tingkat atau derajat keterlibatan dalam mempengaruhi jasa yang diterimanya. Apabila konsumen terlibat dalam proses penyampaian jasa dan jasa yang terjadi tidak begitu baik, maka pelanggan tidak bisa menimpakan kesalahan sepenuhnya kepada pihak penyedia jasa.
6. Faktor situasi (*Situational Factor*), terdiri dari segala kemungkinan yang bisa mempengaruhi kinerja jasa yang berada di luar kendali penyedia jasa.
7. Janji-janji Pelayanan eksplisit (*Explicit Service Promise*), yaitu pernyataan pribadi atau bersama yang dibuat organisasi pada pelanggan. Janji ini biasa berupa iklan, personal selling, perjanjian atau komunikasi dengan karyawan organisasi tersebut.
8. Janji-janji Pelayanan implisit (*Implicit Service Promise*), yaitu isyarat-isyarat yang berhubungan dengan jasa selain janji-janji eksplisit yang membantu untuk menyimpulkan, pelayanan yang seharusnya diberikan. Syarat-syarat itu didominasi oleh harga dan hal-hal yang nyata berkenaan dengan jasa.
9. Komunikasi dari mulut ke mulut (*Word-of-mouth Communication*), merupakan pernyataan yang disampaikan oleh orang lain selain organisasi (*service provider*) kepada pelanggan. *Word-of-mouth* ini biasanya cepat

diterima oleh pelanggan, karena orang yang menyampaikannya adalah orang-orang yang dipercaya, seperti: pakar, teman, keluarga, dan publikasi media massa. Disamping itu, *word-of-mouth* juga cepat diterima sebagai referensi karena pelanggan jasa biasanya sulit mengevaluasi jasa yang belum dibelinya atau belum dirasakannya sendiri.

10. Pengalaman masa lampau (*Post Experience*), yaitu pengalaman pribadi dalam menerima jasa yang sangat berkesan dan mempengaruhi tingkat harapan terhadap pelayanan berikutnya.

b. Persepsi Pelanggan

Kualitas jasa sangat dipengaruhi oleh persepsi pelanggan. Persepsi pelanggan lebih mengacu pada perasaan pelanggan terhadap jasa yang diterimanya, berdasarkan apa yang dibayangkan akan diterimanya. Bila jasa yang diterimanya lebih besar dari yang dibayangkan, maka ia akan merasa puas, dan kualitas jasa perusahaan akan dipersepsikan tinggi, sebaliknya jika ia merasa bahwa jasa yang diberikan tidak sesuai dengan yang diharapkannya, maka terjadi ketidakpuasan dan kualitas jasa dipersepsikan rendah.

Menurut Kotler (1994), kualitas harus dimulai dari pelanggan dan berakhir pada persepsi pelanggan. Hal ini berarti bahwa citra kualitas yang baik bukanlah berdasarkan sudut pandang atau persepsi pihak penyedia jasa, melainkan berdasarkan sudut pandang atau persepsi pelanggan. Pelangganlah yang mengkonsumsi dan menikmati jasa perusahaan, sehingga merekalah yang seharusnya menentukan kualitas jasa. Persepsi pelanggan terhadap kualitas jasa merupakan penilaian menyeluruh atas keunggulan suatu jasa [Tjiptono. 1997].

Persepsi pelanggan terhadap jasa, antara lain:

Cara penyampaian jasa (*service Encounters*)

Kepuasan pelanggan ditentukan oleh berbagai jenis pelayanan yang didapatkan oleh pelanggan selama mereka menggunakan beberapa pelayanan tersebut. Ketidakpuasan diperoleh pada tahap awal pelayanan menimbulkan persepsi berupa kualitas pelayanan yang buruk untuk tahap pelayanan selanjutnya sehingga pelanggan merasa puas dengan pelayanan keseluruhan.

Bukti pelayanan (*Evidence of Service*)

Ada tiga kategori bukti pelayanan, yaitu yang berhubungan dengan orang (*people evidence*), misalnya keramahan, pengetahuan, dan kesabaran karyawan; bukti proses (*process evidence*), misalnya kemampuan perusahaan menyelenggarakan jasa sesuai janjinya; dan bukti fisik (*physical evidence*), misalnya kebersihan dan kenyamanan tempat pelayanan.

Image perusahaan

Image perusahaan adalah persepsi tentang sesuatu organisasi yang ada dalam ingatan konsumen dan dibangun konsumen melalui komunikasi, misalnya iklan, humas, citra fisik, komunikasi dari mulut ke mulut dan oleh pengalaman nyata terhadap perusahaan.

Harga

Harga jasa banyak mempengaruhi persepsi, kualitas, kepuasan, dan nilai jasa. Karena jasa tidak berwujud dan sering sulit dinilai sebelum terjadinya pembelian. Maka harga dikaitkan sebagai indikator pendukung yang mempengaruhi harapan dan persepsi jasa.

Pengertian Pengendalian Kualitas Jasa

Kualitas Jasa

Menurut Lewis dan Booms (1983), kualitas jasa merupakan ukuran seberapa bagus tingkat layanan yang diberikan mampu sesuai dengan ekspektasi pelanggan.

Menurut Wyckof (dalam Lovelock, 1998), kualitas jasa didefinisikan sebagai tingkat keunggulan yang diharapkan dan pengendalian atas tingkat keunggulan tersebut untuk memenuhi keinginan pelanggan. Apabila jasa yang diterima (*perceived service*) sesuai dengan yang diharapkan, maka kualitas jasa dipersepsikan baik dan memuaskan. Jika jasa yang diterima melampaui harapan pelanggan, maka kualitas jasa dipersepsikan sebagai kualitas yang ideal. Sebaliknya, jika jasa yang diterima lebih rendah dari yang diharapkan, maka kualitas jasa dipersepsikan buruk. Dengan demikian baik tidaknya kualitas jasa tergantung pada kemampuan penyedia jasa dalam memenuhi harapan pelanggannya secara konsisten [Tjiptono, 1997].

Kualitas total suatu jasa terdiri atas tiga komponen utama (Gronroos, dalam Hutt dan Speh, 1992), yaitu:

1. *Technical Quality*, yaitu komponen yang berkaitan dengan kualitas output jasa yang diterima pelanggan. Menurut Parasuraman, *et al.* *Technical quality* dapat diperinci lagi menjadi: *search quality*, *experience quality*, dan *credence quality*.
2. *Functional Quality*, yaitu komponen yang berkaitan dengan kualitas cara penyampaian suatu jasa.
3. *Corporate Image*, yaitu profil, reputasi, citra umum dan daya tarik khusus suatu perusahaan.

Berdasarkan komponen-komponen tersebut, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa output jasa dan cara penyampaiannya merupakan faktor-faktor yang dipergunakan dalam menilai kualitas jasa. Oleh karena itu penilaian kualitas jasa menjadi sangat kompleks [Tjiptono, 1997].

Kualitas jasa susah untuk diukur dan tergantung pada persepsi dan ekspektasi dibandingkan kenyataan serta persepsi pada proses dan outputnya. Dalam prosesnya jasa memiliki beberapa kunci yang dapat menentukan kualitas jasa, yaitu:

1. Reliabilitas berhubungan dengan konsistensi kinerja dan sifat dapat dipercaya.
2. Daya saing berhubungan dengan kesiapan karyawan menyediakan layanan jasa.
3. Kompetensi berarti kepemilikan kemampuan yang dibutuhkan untuk menyelenggarakan jasa
4. Akses mengandung arti mudah didekati dan kemudahan kontak.
5. Kesopanan berhubungan dengan saling menghormati, keramahan.
6. Komunikasi berarti dapat menggunakan bahasa yang mudah dimengerti konsumen.
7. Kredibilitas mengandung arti dapat dipercaya jujur.
8. Keamanan adalah bebas dari ketakutan dan keraguan.
9. Memahami berhubungan dengan mengenal kebutuhan konsumen.
10. Nyata termasuk bukti fisik dari jasa.

Prinsip-Prinsip Kualitas Jasa

Untuk menciptakan suatu gaya manajemen dan lingkungan yang kondusif bagi perusahaan jasa untuk memperbaiki kualitas, perusahaan harus mampu memenuhi enam prinsip utama yang berlaku baik bagi perusahaan manufaktur maupun jasa. Keenam prinsip tersebut sangat bermanfaat dalam membentuk dan mempertahankan lingkungan yang tepat untuk melaksanakan penyempurnaan kualitas secara berkesinambungan dengan didukung oleh pemasok, karyawan, dan pelanggan. Enam prinsip pokok tersebut meliputi (Walkins dalam Scheuing dan Christoper, 1993):

Kepemimpinan

Strategi kualitas perusahaan harus merupakan inisiatif dan komitmen dari manajemen puncak. Manajemen puncak harus memimpin dan mengarahkan organisasinya dalam upaya peningkatan kinerja kualitas. Tanpa adanya kepemimpinan dari manajemen puncak, usaha peningkatan kualitas hanya akan berdampak kecil.

Pendidikan

Semua karyawan perusahaan, mulai dari manajer puncak sampai karyawan operasional, wajib mendapatkan pendidikan mengenai kualitas. Aspek-aspek yang perlu mendapatkan penekanan dalam pendidikan tersebut antara lain konsep kualitas sebagai strategi bisnis, alat dan teknik implementasi strategi kualitas, dan peranan eksekutif dalam implementasi strategi kualitas.

Perencanaan strategik

Proses perencanaan strategik harus mencakup pengukuran dan tujuan kualitas yang digunakan dalam mengarahkan perusahaan untuk mencapai visi dan misinya.

Review

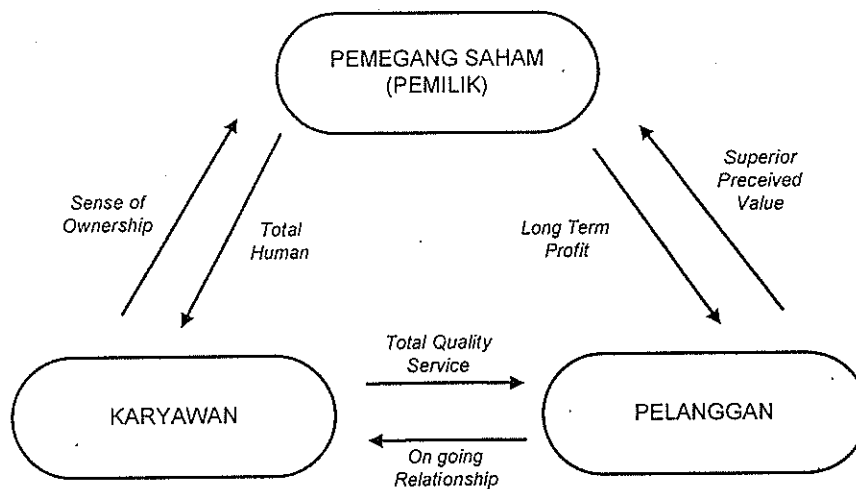
Proses *review* merupakan satu-satunya alat yang paling efektif bagi manajemen untuk mengubah perilaku organisasional. Proses ini menggambarkan mekanisme yang menjamin adanya perhatian terus menerus terhadap upaya mewujudkan sasaran-sasaran kualitas.

Komunikasi

Implementasi strategi kualitas dalam organisasi dipengaruhi oleh proses komunikasi organisasi, baik dengan karyawan, pelanggan, maupun *stakeholder* lainnya (seperti pemasok, pemegang saham, pemerintah, masyarakat sekitar, dll). Penghargaan dan pengakuan.

Kedua hal tersebut merupakan aspek krusial dalam implementasi strategi kualitas. Setiap karyawan berprestasi perlu diberi imbalan dan prestasinya harus diakui. Dengan cara seperti ini, motivasi, semangat kerja, rasa bangga, dan rasa memiliki (*sense of belonging*) setiap anggota organisasi dapat meningkat, yang pada gilirannya berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan profitabilitas bagi perusahaan, serta kepuasan dan loyalitas pelanggan.

Hubungan antara pemasok, karyawan dan pelanggan serta aspek-aspeknya dapat dilihat pada gambar 3.2 [Tjiptono, 1997].



Gambar 7.2 Segitiga Jasa (*The Service triangle*)

Perspektif Kualitas Jasa

Menurut Gravin (dalam Lovelock, 1994; Ross, 1993), ada lima macam perspektif kualitas yang berkembang.

Kelima perspektif tersebut meliputi [Tjiptono, 1997]:

Trancendental Approach, yaitu kualitas yang dipandang sebagai *innate excellen e*.

Berarti kualitas itu dapat dirasakan, diketahui, ettapi sulit didefiniskan, dan dioperasionalkan.

Product-based Approach, artinya kualitas merupakan karakteristik atau atribut yang dapat dikuantifikasi dan dapat diukur. Perbedaan dalam kualitas mencerminkan perbedaan dalam jumlah besar beberapa unsure dan atribut yang dimiliki oleh produk. Karena perbedaan pandangan ini sangat objektif, maka tidak dapat menjelaskan perbedaan dalam selera, kebutuhan, dan preferensi individual.

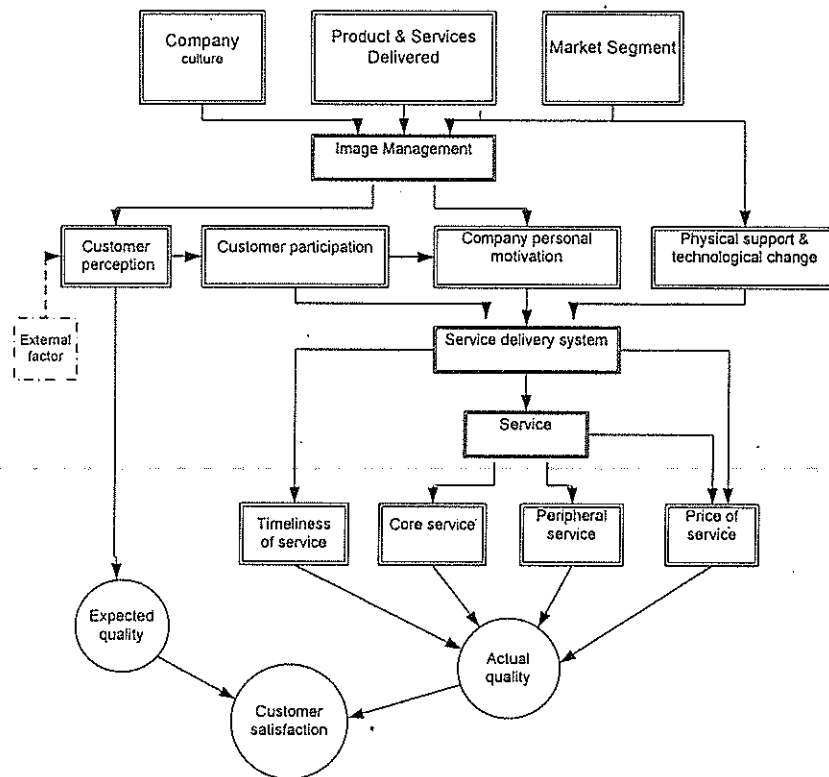
User-based Approach, yang berdasarkan pemikiran bahwa kualitas tergantung pada orang yang memandangnya, sehingga produk yang paling memuaskan preferensi seseorang merupakan produk yang berkualitas paling tinggi.

Manufacturing-based approach, dimana kualitas didefinisikan sebagai kesesuaian sama dengan persyaratan. Pendekatan ini berfokus pada penyesuaian spesifikasi yang dikembangkan secara internal, yang seringkali didorong oleh tujuan peningkatan produktivitas dan penekanan biaya. Jadi yang menentukan kualitas adalah standar yang ditetapkan perusahaan, bukan konsumen yang menggunakannya.

Value-based Approach, yang memandang kualitas dari segi nilai dan harga. Sehingga kualitas bersifat relatif, sehingga produk yang memiliki kualitas paling tinggi belum tentu produk yang paling bernilai.

Metode Pengendalian Kualitas Jasa

Dalam kualitas jasa terdapat beberapa model-model kualitas jasa yang dapat digambarkan pada diagram berikut:



Gambar 7.3 Model Kualitas Jasa

Konsep model di atas adalah bahwa kepuasan konsumen merupakan fungsi *perceived quality* dari jasa yaitu suatu ukuran untuk mengetahui perbandingan antara *actual quality* dan *expected quality*. Faktor yang mempengaruhi persepsi konsumen terhadap kualitas adalah faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal tidak secara langsung mengendalikan organisasi jasa (tampak pada box putus-putus) termasuk nilai sosial dan gaya hidup konsumen. Persepsi konsumen juga dipengaruhi oleh *image* perusahaan.

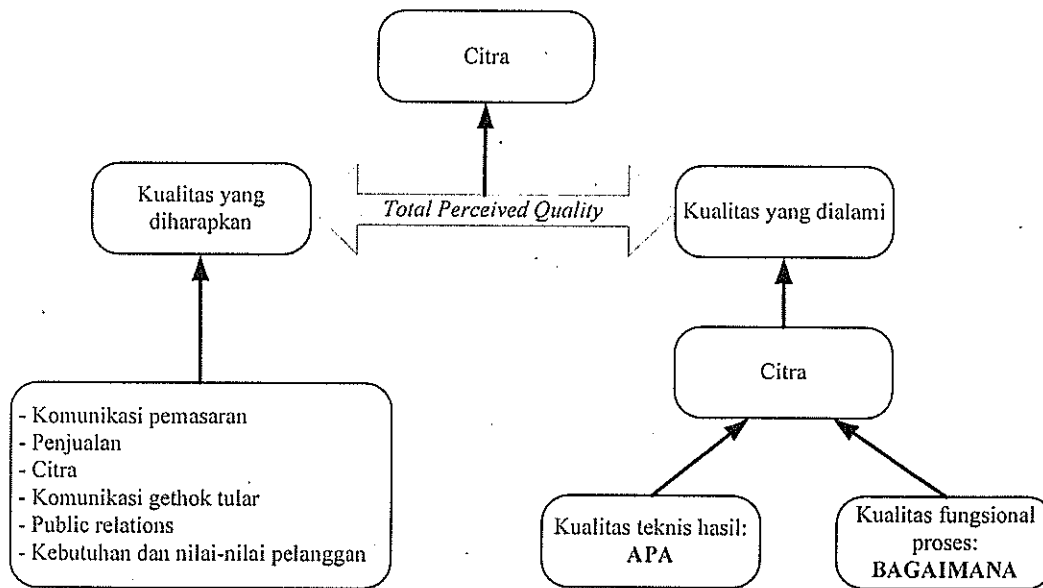
Model-model konseptualisasi kualitas jasa meliputi *Total Perceived Quality Model*, *Synthesized Model of Perceived Service Quality*, *Gummesson 4Q Model of Offering Quality*, *Model SERVQUAL*, *Perceived Service Quality*, *Model INTQUAL*, *Retail Service Quality Model*, dan *Relationship Quality Model*.

Total Perceived Quality Model

Menurut model ini, kualitas suatu jasa yang dipersepsikan pelanggan terdiri atas dua dimensi utama yaitu *technical quality (outcome dimension)* dan *functional quality (process-related dimension)*.

Dimensi yang pertama, yaitu *technical quality*, berkaitan dengan kualitas output jasa yang dipersepsikan pelanggan. Komponen ini dapat dijabarkan lagi menjadi tiga tipe (Zeithaml, et al, 1990), yaitu *search quality*, *experience quality*, dan *credence quality*.

Dimensi kedua, *functional quality* berkaitan dengan kualitas cara penyampaian jasa atau menyangkut proses transfer kualitas teknis, output, atau hasil akhir jasa dari penyedia kepada pelanggan. *Functional quality* juga dipengaruhi kehadiran pelanggan lain yang pada waktu bersamaan mengkonsumsi jasa yang sama atau serupa.



Gambar 7.4 Total Perceived Quality Model

Gambar 7.4 menggambarkan keterkaitan antara pengalaman kualitas dengan aktivitas pemasaran tradisional yang menghasilkan *perceived service quality (Total perceived quality)*. Perspektif kualitas positif diperoleh apabila kualitas yang dialami (*experienced quality*) sesuai dengan atau memenuhi harapan pelanggan (*expected quality*). Bila harapan pelanggan tidak realistis, maka persepsi kualitas total (*Total perceived quality*) akan rendah, bahkan sekalipun kualitas yang dialami secara objektif benar-benar baik.

Synthesized Model of Perceived Service Quality

Menurut model ini, persepsi terhadap kualitas jasa dibedakan menjadi gap kualitas teknis dan gap kualitas fungsional, yang kemudian menyatu menjadi gap kualitas jasa total. Pengalaman pelanggan yang mempengaruhi gap-gap tersebut dibagi menjadi pengalaman terhadap paket jasa teknis dan pengalaman paket jasa fungsional, yang kemudian juga menyatu menjadi paket jasa total.

Dasar pemikiran pemisahan paket jasa teknis dan paket jasa fungsional adalah untuk memudahkan penyedia jasa memahami apa yang ditawarkan dan bagaimana proses jasa berfungsi. Tanpa pemisahan seperti ini biasanya ada kecenderungan terlalu menekankan dimensi jasa teknis, sehingga dimensi jasa fungsional dapat terabaikan. Model ini juga merinci sumber daya manusia dan sumber daya fisik yang mempengaruhi masing-masing tipe paket jasa.

Pada dasarnya, model *Synthesized Model of Perceived Service Quality* ini sama dengan *Total Perceived Quality Model* tapi kemudian kedua dimensi menyatu menjadi gap kualitas jasa total.

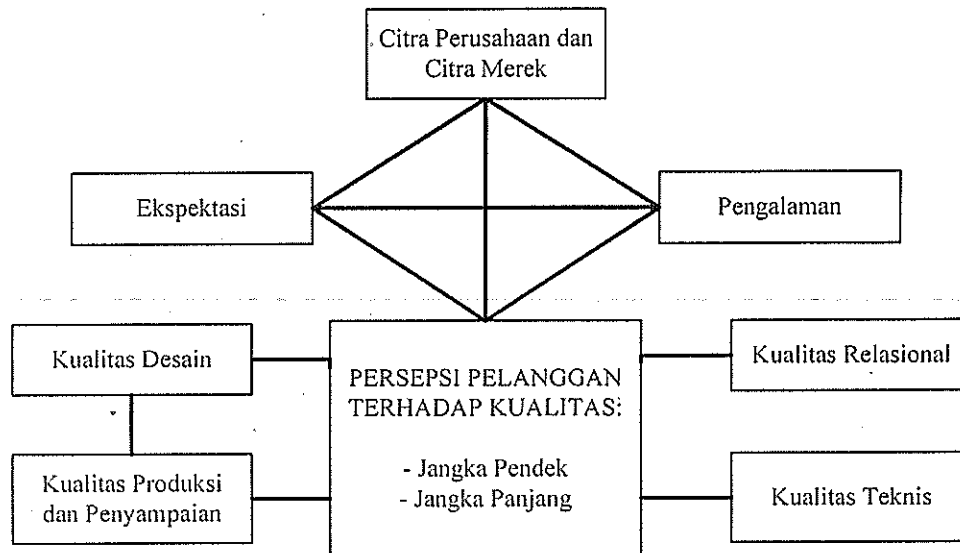
Gummesson 4Q Model of Offering Quality

Pada dasarnya, model Gummesson dikembangkan dengan mengkombinasikan *Total Perceived Quality Model* dan karakteristik kualitas pada sektor manufaktur. Model ini mengasumsikan bahwa jasa/layanan dan barang fisik merupakan bagian integral dari jasa yang ditawarkan. Oleh sebab itu, model ini mengintegrasikan elemen barang dan jasa, serta dimaksudkan untuk membantu pengembangan dan pengelolaan kualitas, terlepas dari tipe penawaran intinya (barang fisik atau jasa).

Model Gummesson mencakup tiga variabel utama: ekspektasi, pengalaman, dan citra (perusahaan dan merek). Menurut model ini, persepsi pelanggan terhadap kualitas total mempengaruhi citra perusahaan dan citra merek dalam benak pelanggan. Model ini juga mengidentifikasi empat konsep kualitas: kualitas desain, kualitas produksi dan penyampaian produk, kualitas relasional, dan kualitas teknis.

Secara garis besar, model Gummesson merinci dimensi-dimensi penting kualitas. Model ini menekankan bahwa masalah kualitas dapat dilacak hingga ke pabrik (kualitas

produksi) dan bahkan ke departemen riset dan pengembangan (kualitas desain). Selain itu, model ini juga mencakup karakteristik spesifik elemen jasa dalam penawaran produk (kualitas penyampaian dan relasional) serta hasil jangka panjangnya.



Gambar 7.5 Gummesson 4Q Model of Offering Quality

Model SERVQUAL

Metode ini dikembangkan oleh Zeithaml (1990) menggunakan pendekatan *user-based approach*, yang mengukur kualitas secara kuantitatif dalam bentuk kuisioner yang mengandung dimensi-dimensi kualitas jasa, yaitu *Tangibles, Reliability, Responsiveness, Assurance, Empathy*.

Metode SERVQUAL dibangun atas adanya perbandingan dua faktor utama yaitu persepsi pelanggan atas layanan yang nyata mereka terima (*perceived service*) dengan layanan sesungguhnya diharapkan pelanggan (*expected service*). Jika kenyataan lebih dari yang pelanggan harapkan, maka layanan dapat dikatakan bermutu, sedangkan jika kenyataan kurang dari yang pelanggan harapkan, maka dikatakan tidak bermutu. Dengan demikian, metode SERVQUAL ini mendefinisikan kualitas jasa sebagai seberapa jauh perbedaan antara kenyataan dengan harapan atas layanan yang pelanggan terima. Metode SERVQUAL membagi kualitas pelayanan ke dalam lima dimensi, yakni (Parasuraman, et.al., 1990):

1. Dimensi *Tangibles* (Nyata)
Penampilan dan performansi dari fasilitas-fasilitas fisik, peralatan, dan material-material komunikasi.
2. Dimensi *Reliability* (Keandalan)
Kemampuan pihak penyedia jasa dalam memberikan jasa atau pelayanan secara tepat dan akurat sehingga pelanggan dapat mempercayai dan mengandalkannya.
3. Dimensi *Responsiveness* (Daya Tanggap)
Kemauan atau keinginan pihak penyedia jasa untuk segera memberikan pelayanan yang dibutuhkan pelanggan dengan tepat.
4. Dimensi *Assurance* (Jaminan)
Pemahaman dan sikap kesopanan dari karyawan (*contact personel*) dikaitkan dengan kemampuan mereka dalam memberikan keyakinan kepada pelanggan bahwa pihak penyedia jasa mampu memberikan pelayanan dengan sebaik-baiknya. Dimensi *assurance* terdiri dari empat subdimensi, yaitu:
 - a. *Competence* (Kompetensi)
Keahlian dan keterampilan yang harus dimiliki penyedia jasa dalam memberikan jasanya kepada pelanggan.
 - b. *Credibility* (Kredibilitas)
Kejujuran dan tanggung jawab pihak penyedia jasa sehingga pelanggan dapat mempercayai pihak penyedia jasa.
 - c. *Courtesy* (Kesopanan)
Etika kesopanan, rasa hormat, dan keramahan pihak penyedia jasa kepada pelanggannya pada saat memberikan jasa pelayanan.
 - d. *Security* (Keamanan/Keselamatan)
Rasa aman, perasaan bebas dari rasa takut serta bebas dari keragu-raguan akan jasa pelayanan yang diberikan oleh pihak penyedia jasa kepada pelanggannya.
5. Dimensi *Empathy* (Empati)
Tingkat perhatian atau tingkat kepedulian individual yang dapat diberikan pihak penyedia jasa kepada pelanggannya. Dimensi *empathy* terdiri dari tiga subdimensi, yaitu:

Access (Akses)

Tingkat kemudahan untuk dihubungi dan ditemuinya pihak penyedia jasa kepada pelanggannya.

Communication (Komunikasi)

Kemampuan pihak penyedia jasa untuk selalu menginformasikan sesuatu dalam bahasa yang mudah dimengerti oleh pelanggan dan pihak penyedia jasa selalu mau mendengarkan apa yang disampaikan oleh pelanggan.

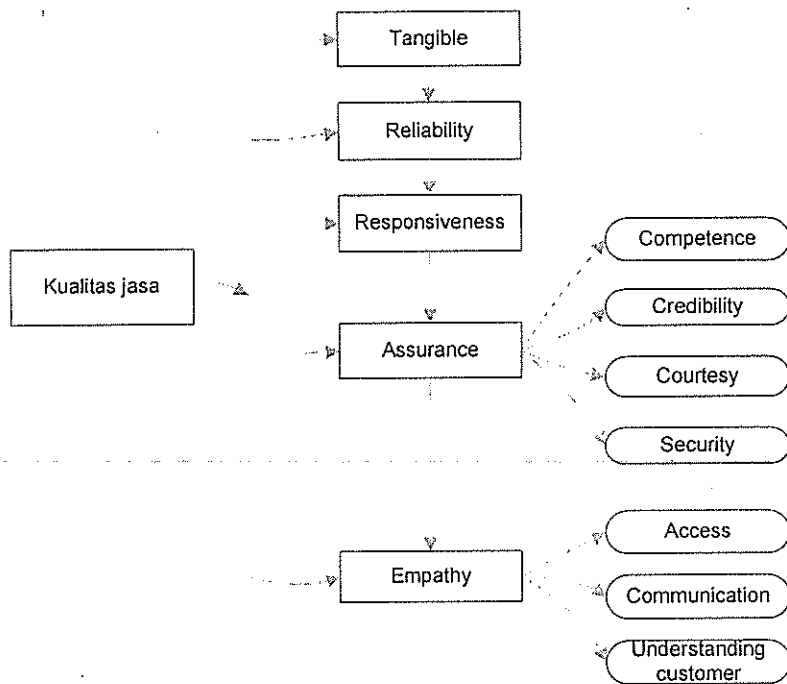
Understanding customer (Mengerti Pelanggan)

Tingkat usaha pihak penyedia jasa untuk mengetahui dan mengenal pelanggan beserta kebutuhan-kebutuhannya.

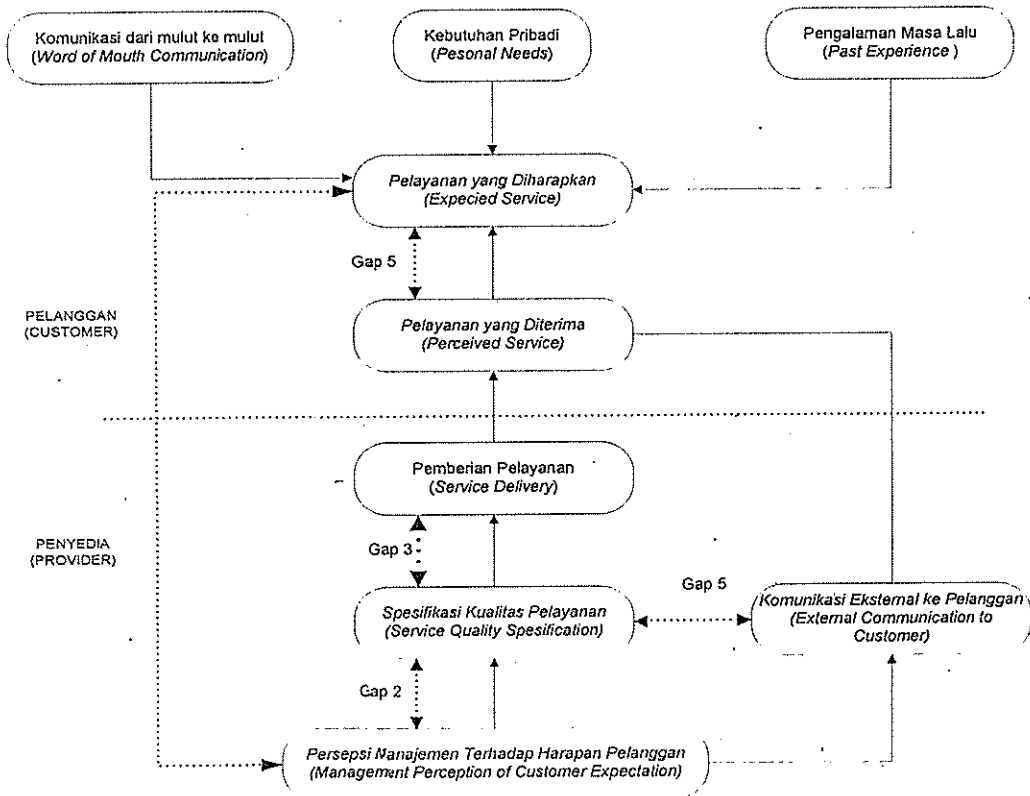
Tabel 7.3 Dimensi dan Atribut Model SERVQUAL

No.	Dimensi	Atribut
1	Reliability Reliabilitas	1. Menyediakan jasa sesuai yang dijanjikan
		2. Dapat diandalkan dalam menangani masalah jasa pelanggan
		3. Menyampaikan jasa secara benar semenjak pertama kali
		4. Menyampaikan jasa sesuai dengan waktu yang dijanjikan
		5. Menyimpan catatan/dokumen tanpa kesalahan
2	Responsiveness Daya tanggap	6. Menginformasikan pelanggan tentang kepastian waktu penyampaian jasa
		7. Layanan yang segera/cepat bagi pelanggan
		8. Kesiapan untuk membantu pelanggan
		9. Kesiapan untuk merespons permintaan pelanggan
3	Assurance Jaminan	10. Karyawan yang menumbuhkan rasa percaya para pelanggan
		11. Membuat pelanggan merasa aman saat melakukan transaksi
		12. Karyawan yang secara konsisten bersikap sopan
		13. Karyawan yang mampu menjawab pertanyaan pelanggan
4	Empathy Empati	14. Memberikan perhatian individual kepada para pelanggan
		15. Karyawan yang memperlakukan pelanggan secara penuh perhatian
		16. Sungguh-sungguh mengutamakan kepentingan pelanggan
		17. Karyawan yang memahami kebutuhan pelanggan
		18. Waktu beroperasi (jam kantor) yang nyaman
5	Tangible Bukti fisik	19. Peralatan Modern
		20. Fasilitas yang berdaya tarik visual
		21. Karyawan yang berpenampilan rapi dan profesional
		22. Materi-materi berkaitan dengan jasa yang berdaya tarik visual

Kelima dimensi kualitas pelayanan tersebut harus diramu dengan baik. Apabila hal tersebut dapat menimbulkan kesenjangan antara perusahaan dengan pelanggan karena perbedaan persepsi mereka tentang wujud pelayanan. Untuk lebih jelasnya, kelima dimensi kualitas pelayanan jasa digambarkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 7.6 Metode Perancangan Kualitas Jasa



Gambar 7.7 Model konseptual kualitas pelayanan metode SERVQUAL (Parasuraman, et.al, 1990)

Menurut Parasuraman, et al (1990), kesenjangan atau gap dalam suatu pelayanan dapat terjadi pada bagian pelanggan (yaitu antara pelayanan yang diharapkan konsumen dengan pelayanan yang diterimanya) dan pada bagian penyedia jasa. Gap atau kesenjangan tersebut terdiri dari lima macam, yaitu:

Gap 1: Kesenjangan antara persepsi dari pihak penyedia jasa dengan harapan pelanggan.

Gap ini menunjukkan perbedaan antara penilaian pelayanan menurut pengguna jasa dengan persepsi manajemen mengenai harapan pengguna jasa. Pada kenyataannya pihak manajemen suatu perusahaan tidak selalu dapat merasakan atau memahami apa yang diinginkan pelanggan secara tepat. Akibatnya manajemen tidak mengetahui bagaimana suatu jasa seharusnya didesain dan jasa-jasa pendukung apa saja yang diinginkan pelanggan. Faktor-faktor penyebab timbulnya kesenjangan ini dapat dilihat pada Tabel 7.4 [Yamit, 2004].

Tabel 7.4 Faktor-faktor Penyebab Timbulnya Gap 1

Kurang berorientasi pada riset pemasaran	Kurang adanya komunikasi dari bawah ke atas	Kurang fokus pada <i>relationship</i>
Kurang riset pemasaran	Kurang interaksi antara manajemen dan konsumen	Kurang segmentasi pasar
Riset tidak menekankan pada kualitas pelayanan	Kurang komunikasi antara karyawan yang berhubungan langsung dengan konsumen dan manajer	Menitikberatkan pada usaha mendapatkan konsumen baru daripada menjalin hubungan dengan konsumen yang sudah ada
Kurang memanfaatkan riset pasar	Terlalu banyak lapisan antara karyawan yang berhubungan dengan konsumen dan manajemen puncak	Lebih menekankan pada transaksi daripada <i>relationship</i>

Gap 2: Kesenjangan antara persepsi dari pihak penyedia jasa dengan spesifikasi pelayanan.

Gap ini menunjukkan perbedaan antara persepsi manajemen mengenai harapan pengguna jasa dengan spesifikasi pelayanan. Penyebab timbulnya gap ini antara lain karena pihak penyedia jasa belum menetapkan standar kualitas pelayanan yang jelas, standar kualitas pelayanan yang telah ditetapkan tidak realistis, atau bisa juga meskipun standar sudah ditetapkan tetapi pihak penyelenggara jasa tidak memiliki komitmen untuk mewujudkannya. Faktor-faktor penyebab timbulnya kesenjangan ini dapat dilihat pada Tabel 3.5 [Yamit, 2004].

Tabel 7.5 Faktor-faktor Penyebab Timbulnya Gap 2

Tidak terdapat standar yang berasal dari konsumen	Kurang adanya kepemimpinan pelayanan	Desain pelayanan yang buruk
Kurang ada standar konsumen	Munculnya <i>perception of infeasibility</i>	Proses pengembangan pelayanan baru yang tidak sistematis
Kurang ada proses manajemen yang menitikberatkan pada persyaratan konsumen	Kurang komitmen dari pihak manajemen	Desain pelayanan yang kabur dan tidak jelas
Kurang ada proses formal untuk menetapkan pencapaian kualitas pelayanan		Gagal mengaitkan desain pelayanan dengan posisi pelayanan

Gap 3: Kesenjangan antara spesifikasi kualitas pelayanan dengan proses pemberian/penyampaian pelayanan.

Gap ini menunjukkan perbedaan antara spesifikasi kualitas pelayanan dengan penyampaian pelayanan yang diberikan oleh karyawan (*contact personnel*). Faktor-faktor yang dapat menyebabkan gap ini dapat dilihat pada Tabel 7.6 [Yamit, 2004].

Tabel 7.6 Faktor-faktor Penyebab Timbulnya Gap 3

Kelemahan kebijakan sumber daya manusia	Kegagalan mempertemukan penawaran dengan permintaan	Konsumen tidak menjalankan peran dengan semestinya
Penarikan tenaga kerja yang tidak efektif	Kegagalan mengendalikan fluktuasi permintaan	Kurangnya pengetahuan konsumen mengenai peran dengan semestinya
Ketidakjelasan peran dan konflik peran	<i>Customer mix</i> kurang memadai	Konsumen saling mempengaruhi dengan cara yang negatif
<i>Employee-technology job fit</i> yang lemah	Terlalu bergantung pada harga untuk menelaraskan permintaan dengan penawaran	Gagal mengaitkan desain pelayanan dengan posisi pelayanan
Sistem evaluasi dan kompensasi yang memadai		
Kurang pemberdayaan dan team work		

Gap 4: Kesenjangan antara penyampaian pelayanan dengan komunikasi eksternal kepada pelanggan.

Ekspektasi pelanggan mengenai kualitas pelayanan dipengaruhi oleh pernyataan-pernyataan yang dibuat oleh perusahaan melalui komunikasi pemasaran. Faktor-faktor penyebab timbulnya kesenjangan ini dapat dilihat pada Tabel 7.7 di bawah ini [Yamit, 2004].

Tabel 7.7 Faktor-faktor Penyebab Timbulnya Gap 4

Pengelolaan harapan konsumen yang lemah	Janji terlalu tinggi	Komunikasi horisontal yang kurang memadai
Gagal mengelola harapan konsumen	Promosi berlebihan	Komunikasi antara pihak pemasaran dan pihak operasi yang lemah
Gagal mendidik konsumen	Personal selling yang berlebihan	Ketidaksesuaian antara promosi dengan operasi
	Penampakan fiskal yang berlebihan	Kebijakan dan prosedur yang tidak konsisten di antara unit-unit.

Gap 5: Kesenjangan antara persepsi pelanggan dengan ekspektasi yang dimilikinya.

Jika persepsi dan ekspektasi pelanggan mengenai kualitas pelayanan terbukti sama bahkan persepsi lebih baik dari ekspektasi, maka perusahaan akan mendapat citra dan dampak positif. Namun, bila kualitas pelayanan yang diterima lebih rendah dari yang diharapkan, maka kesenjangan ini akan menimbulkan permasalahan bagi perusahaan.

Perhitungan Nilai SERVQUAL

Perhitungan kualitas jasa dilakukan berdasarkan nilai SERVQUAL dari dua GAP yaitu GAP 1 (kesenjangan antara ekspektasi pelanggan dilihat dari sudut pandang pihak manajemen dan karyawan *Rose Catering* dengan harapan pelanggan yang sebenarnya) dan GAP 5 (kesenjangan antara persepsi pelanggan dengan ekspektasi yang dimilikinya) yang terdapat pada model kualitas jasa oleh Parasuraman, et al. (1990). Langkah-langkah yang digunakan untuk menghitung nilai SERVQUAL adalah sebagai berikut:

1) Menghitung nilai SERVQUAL setiap variabel (S_i):

➤ Untuk GAP 1:

$$S_i = \bar{V}_m - \bar{V}_{ei}$$

$$i = 1,2,3,\dots,n$$

Dengan \bar{V}_m = nilai rata-rata persepsi karyawan untuk variabel ke-i

\bar{V}_{ei} = nilai rata-rata ekspektasi pelanggan untuk variabel ke-i.

➤ Untuk GAP 5:

$$S_i = P_i - E_i$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Dengan P_i = nilai persepsi pelanggan untuk variabel ke-i.

E_i = nilai ekspektasi pelanggan untuk variabel ke-i.

- 2) Menghitung nilai SERVQUAL untuk setiap dimensi (\overline{SK}_i)

$$\overline{SK}_i = \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{n}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

- 3) Menghitung nilai SERVQUAL dengan bobot untuk setiap dimensi (\overline{SQ}_i)

$$\overline{SQ}_i = \sum_{j=1}^n \overline{SK}_j \times w_j, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

- 4) Menghitung total nilai rata-rata SERVQUAL terbobot (\overline{TSQ})

$$\overline{TSQ} = \sum_{i=1}^n \overline{SQ}_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

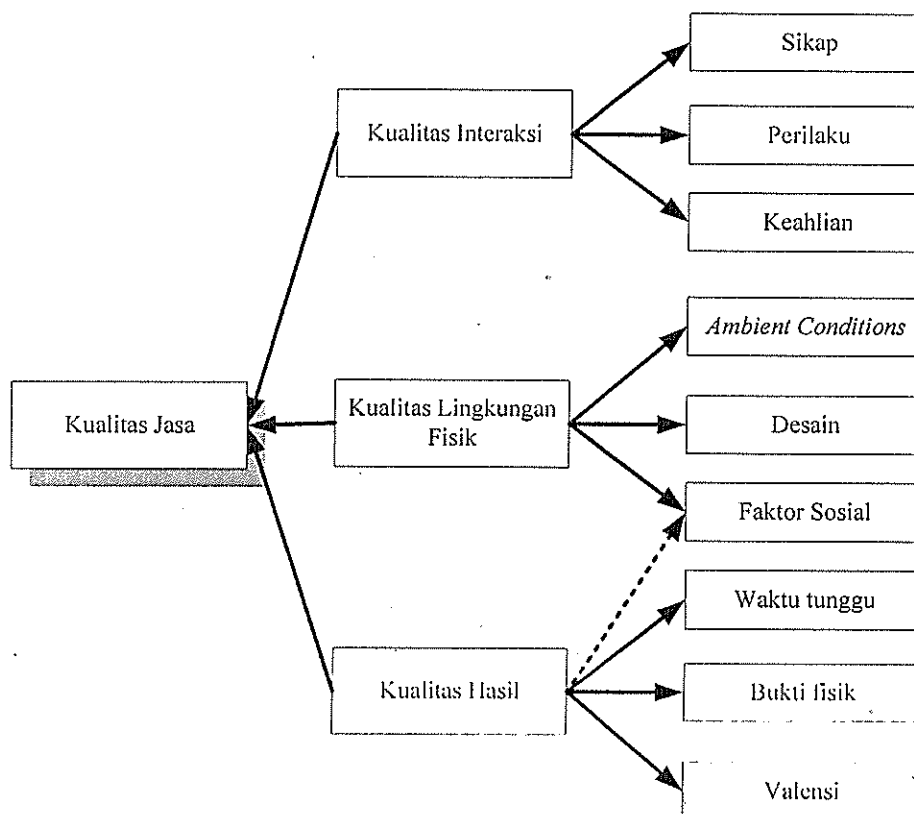
Beberapa kelebihan dari metode SERVQUAL dapat dilihat dalam poin-poin berikut (Lindawati, 2002):

- Dapat diketahui nilai kualitas pelayanan dari setiap level pengamatan pada setiap butir pertanyaan, setiap variabel, dan setiap dimensi kualitas pelayanan, sehingga dapat dengan mudah ditelusuri apa yang sebenarnya mempengaruhi tinggi atau rendahnya penilaian kualitas secara keseluruhan.
- Dapat diketahui bagaimana harapan konsumen terhadap pelayanan yang ditawarkan dan bagaimana penilaiannya tentang pelayanan yang diberikan perusahaan.
- Dapat diketahui variabel mana yang harus menjadi fokus untuk perbaikan selanjutnya dalam rangka penilaian kualitas pelayanan.
- Mengetahui gambaran tentang perkembangan harapan dan persepsi konsumen dari waktu ke waktu.

Perceived Service Quality

Model ini menggabungkan model SERVQUAL dan *Total Perceived Quality Model*. Dalam model ini, dimensi utama kualitas jasa terdiri atas tiga komponen, yaitu: kualitas interaksi, kualitas lingkungan fisik, dan kualitas hasil. Masing-masing dimensi terdiri atas 3 sub dimensi berbeda. Dimensi kualitas interaksi meliputi sikap, perilaku, dan keahlian jasa karyawan jasa. Dimensi kualitas lingkungan fisik terdiri atas ambient conditions, desain fasilitas, dan faktor sosial. Dimensi kualitas hasil terdiri atas waktu tunggu, bukti fisik, dan valensi.

Pelanggan mengagregasi evaluasinya terhadap sub dimensi untuk membentuk persepsinya terhadap kinerja organisasi pada masing-masing dari ketiga dimensi utama. Kemudian persepsi ini melandasi persepsi kualitas jasa keseluruhan. Dengan kata lain, pelanggan membentuk persepsi kualitas jasanya berdasarkan evaluasi kinerja pada berbagai level dan mengkombinasikan evaluasi tersebut guna menentukan persepsi kualitas jasa keseluruhan.



Gambar 7.8 Ancangan Hierarkis Perceived Quality Model

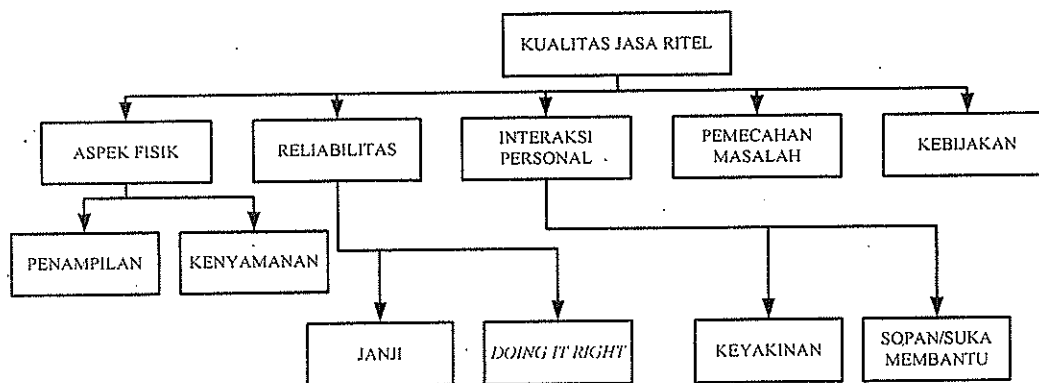
Model INTQUAL

Model ini menggunakan perspektif manajemen untuk menentukan tindakan-tindakan yang perlu ditempuh sebuah organisasi dalam rangka memastikan penyampaian kualitas jasa kepada pelanggan. INTQUAL terdiri atas dua faktor utama, yaitu reliabilitas jasa dan manajemen ekspektasi.

Retail Service Quality Model

Model ini khusus digunakan pada konteks permasalahan toko retail. Dalam model ini, kualitas jasa retail dievaluasi pada tiga level berbeda: level dimensi, level keseluruhan (*overall*), dan level sub-dimensi. Dimensi kualitas jasa retail meliputi 5 faktor utama:

1. Aspek fisik (*physical aspect*), meliputi penampilan fasilitas fisik dan kenyamanan yang ditawarkan kepada pelanggan berkaitan dengan layout fasilitas fisik (misalnya, memudahkan pelanggan untuk bergerak di dalam toko dan mencari barang yang dibutuhkan).
2. Reliabilitas (*reliability*), yang pada prinsipnya sama dengan dimensi reliabilitas pada model SERVQUAL. Hanya saja, disini reliabilitas dipilah ke dalam 2 sub dimensi, yaitu memenuhi janji (*keeping promises*) dan memberikan layanan yang tepat (*doing it right*).
3. Interaksi personal (*personal interaction*), mengacu pada kemampuan karyawan jasa dalam menumbuhkan kepercayaan pelanggan dan sikap sopan/suka membantu. Pada prinsipnya, dimensi ini merefleksikan cara karyawan memperlakukan para pelanggan.
4. Pemecahan masalah (*problem solving*), berkaitan dengan penanganan retur, penukaran, dan komplain.
5. Kebijakan (*policy*), mencakup aspek-aspek kualitas jasa yang secara langsung dipengaruhi kebijakan toko.



Gambar 7.9 Retail Service Quality Model

Relationship Quality Model

Model konseptual Relationship Quality ini memiliki empat karakteristik utama, yaitu:

1. Model ini membedakan *episode-level quality* (*persepsi terhadap kualitas service encounter*) dan *relationship level quality*.
2. Model ini memasukkan kepuasan dan *costumer perceived value* ke dalam kerangka kualitas.
3. Model ini memperluas aplikasi konsep diskonfirmasi tradisional yang digunakan dalam model-model statis dengan memasukkan pula berbagai standar pembandingan.
4. Model ini juga mencakup variabel-variabel perilaku konsumen.

Bidang-Bidang yang Menggunakan Kualitas Jasa

Aplikasi kualitas jasa pada beberapa sektor industri jasa antara lain sebagai berikut :

1. Kegiatan Administrasi

Kegiatan administrasi dalam fungsi jasa dan industri penghasil jasa selalu meningkatkan volume yang tinggi dalam kegiatan tulis menulis, dan kesempatan kesempatan berusaha akan semakin tinggi. Salah satu jalan untuk meningkatkan efisiensi kegiatan administrasi adalah menghubungkan analisis aliran *paperwork* dan kemudian mengeliminasi langkah-langkah yang tidak diperlukan. Kadangkala redesain pada form mengurangi kesalahan secara signifikan. Untuk jaminan pengisian secara individu, vendor menyiapkan sebuah order pembelian, seorang

karyawan mengisi biaya travel, atau seorang operator mengisi data ke dalam komputer, sebuah *form* yang sangat sulit untuk dimengerti, membuang-buang waktu, dan tidak efisien. *Form* harus simpel untuk dimengerti. Informasi yang dibutuhkan harus siap tersedia. Layoutnya harus memudahkan atau berurutan dan sesimpel mungkin.

Desain produk dan proses merupakan hal mendasar dalam proses manufaktur, dan kedua proses ini mendahului fase produksi, hal yang sama juga terjadi pada operasi administrasi. Desain *form*, informasi yang harus dimuat, urutan dari proses pelayanan yang diinginkan, dan faktor individu merupakan tujuan sebelum *form* tersebut diciptakan.

Latihan personel mempengaruhi efisiensi dan tingkat kesalahan. Mempersiapkan order pembelian, pelayanan pelanggan tiket pesawat terbang, pemrosesan tagihan pengangkutan merupakan pekerjaan yang akan lebih baik dilakukan oleh individu atau agen yang tidak terlatih untuk sebagian fungsi. Stabilitas *service* fungsi dapat dicek melalui grafik kendali. Khususnya, grafik proporsi *nonconforming* (*p-chart*) atau grafik untuk *nonconforming* (*c-chart*) mempunyai berbagai aplikasi dalam operasi administrasi.

2. Kegiatan Publik

Pelayanan publik termasuk energi listrik, gas dan telepon. Hal yang unik pada pelayanan publik yaitu pelanggan tidak secara langsung terpengaruh pada biaya unit pelayanan. Secara tidak langsung opini pelanggan berpengaruh pada negosiasi struktur yang didekati oleh 'komisi pelayanan public. Perusahaan akan merasa nyaman jika departemen pelayanan publik dapat secara efektif dalam menanggapi komplain dan ekspektasi dari pelanggan.

3. Kegiatan Pendidikan

Saat ini, kualitas pendidikan pada semua level adalah penting. Sejumlah ilmu pengetahuan yang masih disimpan adalah fungsi dari penerimaan individu proses pelayanan dan pengantaran pengetahuan. Kita telah mengingatkan sekian banyak anak-anak yang tidak mampu memenuhi pada level membaca, menulis, dan aritmatik sebagaimana permintaan pada grade level tersebut. Kontrol kualitas mengukur dan membantu mengidentifikasi penyebab khusus dan umum tertentu.

Pengendalian kualitas dalam pendidikan adalah unik karena hal ini melibatkan transformasi kualitas manusia dan nilai ke dalam proses pembelajaran dan transformasi pengetahuan.

Pengaruh utama pada kualitas adalah karakteristik kompetensi dan perilaku pelayanan (dari gurunya). Pengetahuan dari subyek yang dipelajari, adalah tentu saja, atau suatu keharusan, tapi ini belum cukup. Prose pengantaran pengetahuan inilah proses yang krusial. Antusiasme dan kemampuan untuk merangsang ketertarikan dan rasa kehormatan siswa adalah ciri guru yang baik. Hal ini tidak mudah untuk dikuantifikasi, dan kita sering memutuskan masalah ini secara sangat subyektif, dengan berbagai macam hasil. Tetapi kita bisa mengukur kualitas guru dari aspek yang lain, seperti latar belakang teknis, sertifikasi dan pengenalan dengan asosiasi personal orang lain, dan penelitian dan publikasi di dalam area keahliannya.

Karakteristik hubungan kualitas juga mempengaruhi kualitas pendidikan. Ilmu dan teknologi membutuhkan fasilitas laboratorium dan peralatan secara langsung. Perpustakaan tambahan dengan komponen pengganti langsung proses pengantaran dan fasilitas komputer modern adalah penting.

Ada banyak cara metode dalam pengendalian kualitas di bidang pendidikan. Dengan menggunakan grafik pengendali \bar{x} dan r dapat mengindikasikan adanya trend dan situasi yang unik. Lagi pula grafik kendali digunakan untuk mengidentifikasi secara statis perbedaan yang signifikan antara data yang diplotkan terletak diluar batas kendali. Grafik kendali dapat juga digunakan untuk fasilitas dan karakter jasa penyampaian yaitu dengan cara menggunakan grafik c .

Contoh:

Suatu universitas baru-baru ini sedang memperluas fasilitas fisik perpustakaan. Sewaktu perenovasian, semua tata letak buku maupun dokumen-dokumen mengalami suatu reorganisasi. Dalam rangka pemberian servis yang lebih baik, dibuat kotak saran dan keluhan di perpustakaan tersebut. Dari tabel dibawah ini diperlihatkan keluhan yang diterima dalam satu minggu. Buat *control chart* dan tafsirkan stabilitas berfungsinya servis tersebut.

No	Jumlah keluhan	No	Jumlah keluhan
1	15	11	8
2	17	12	6
3	16	13	10
4	26	14	15
5	16	15	7
6	8	16	9
7	10	17	6
8	5	18	5
9	12	19	8
10	14	20	7

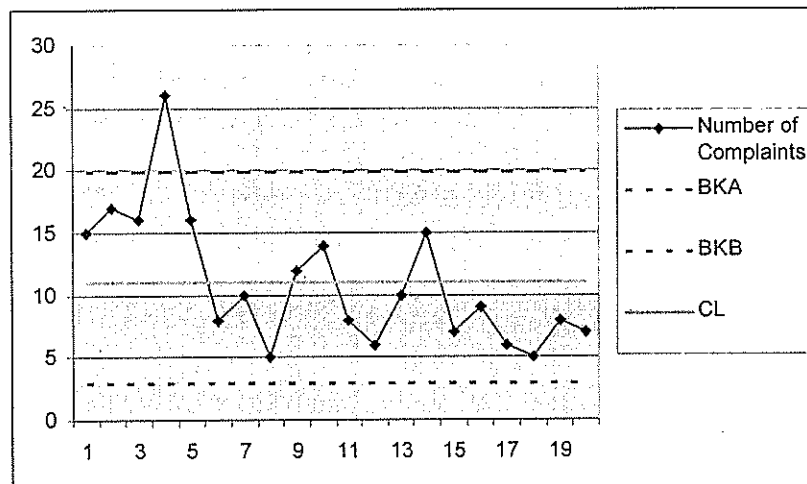
Solusi :

Dengan menggunakan c-chart

$$\bar{c} = \frac{220}{20} = 11$$

Batas atas dan bawah kendali

$$11 \pm 3\sqrt{11} = (2.95, 19.95)$$



Dari gambar diatas bahwa data keempat terletak diatas batas kendali atas sehingga mengalami *out of control* sehingga data tersebut dibuang.

4. Fasilitas Umum

Jasa fasilitas umum meliputi tenaga listrik, gas, dan telepon. Perusahaan yang menyediakan jasa ini mendekati monopoli atau oligopoli. Mereka diatur oleh komisi pelayanan umum yang juga mengatur tingkat struktur untuk pelayanan. Karenanya, konsumen tidak secara langsung mempengaruhi harga dari jasa secara tidak

langsung, melalui opini konsumen mungkin ada dampak dalam negosiasi tingkat struktur yang disetujui oleh komisi pelayanan umum.

Standar dari kualitas ditentukan oleh peraturan agensi. Konsumen mengharapkan pelayanan terus-menerus dari fasilitas tersebut. Keuntungan yang diterima oleh fasilitas tersebut adalah mempunyai basis konsumen yang terjamin. Grafik untuk rata-rata \bar{X} dan range R mungkin digunakan untuk variabel seperti jumlah pembelian tenaga dari sumber luar, waktu memperbaiki jasa setelah kegagalan, atau proporsi dari tenaga elektrik yang hilang dalam transmisi dan distribusi. Grafik trend berguna untuk melacak tenaga elektrik atau konsumsi gas pada tiap bulan. Grafik c mungkin digunakan untuk atribut seperti jumlah eror dalam pembacaan meteran tiap 100 konsumen atau jumlah kesalahan manusia tiap bulan.

Kualitas jasa disini karakteristik kualitasnya menyebabkan pelayanan yang tidak nyaman biasanya jatuh pada kelompok atau faktor yang menyebabkan ketidakpuasan pelanggan. Memberikan tingkat kualitas yang melebihi dari perkiraan pelanggan akan mempengaruhi kepuasan pelanggan. Misalnya keran bocor pada kamar hotel, kontrol temperatur yang tidak yang tidak mencukupi di salon atau restoran.,dll.

Eliminasi dari kasus yang menciptakan ketidakpuasan pelanggan merupakan langkah dalam jalur yang benar, tapi itu tidak cukup. Faktor yang terpisah menyebabkan tingkat kualitas terasa melebihi harapan. Misalnya, salon yang menjaga pengaturan bunga segar. Sentuhan tambahan ini menyebabkan konsumen yang cukup puas akan kembali lagi dan mengatakan pada orang lain tentang pelayanan yang bagus tersebut.

Pelanggan merupakan sumber terbaik periklanan untuk suatu bisnis. Mereka akan kembali untuk melakukan bisnis dan mengatakan kepada orang lain pelayanan yang baik dan perlakuan khusus yang akan mereka dapatkan. Sebagai hasil, perusahaan jasa dapat memanfaatkan kualitas yang mereka tawarkan untuk menarik pelanggan. Dengan perlakuan melebihi kualitas yang ada, menjamin bisnis tetap kompetitif. Karakteristik yang menyebabkan kepuasan pelanggan biasanya adalah

faktor manusia dan perilaku kelompok. Misalnya, bisa jadi perilaku sopan santun dari resepsionis yang melayani di hotel atau waktu tunggu minimal di restoran.

Teknik statistik untuk mengontrol jasa dan pengantarannya mungkin digunakan di beberapa tempat. Grafik untuk rata-rata \bar{X} dan *range* R mungkin digunakan untuk mengontrol karakteristik seperti waktu untuk mendaftar dan pesan di hotel, waktu tunggu di restoran, atau waktu baju selesai dicuci. Grafik p mungkin digunakan untuk mengontrol proporsi pengantaran tepat waktu dari restoran atau proporsi dari penyediaan kamar untuk segera ditempati di hotel. Grafik c bisa digunakan untuk mengontrol jumlah pelanggan yang mengeluh tiap minggu atau jumlah konsumen yang dilayani saat jam makan siang di restoran. Grafik demerist mungkin digunakan untuk mengontrol berat nilai kualitas dari catatan laporan konsumen. Analisa dari peningkatan kualitas mungkin bisa dilakukan melalui analisa Pareto dan diagram sebab-akibat.

Contoh:

Sebuah salon memperhatikan waktu tunggu konsumennya. Dari data yang dikumpulkan dari 35 konsumen yang dipilih acak, manajer mempekirakan rata-rata waktu tunggu adalah 25 menit, dengan standar deviasi 4 menit. Untuk mengurangi waktu tunggu, manajer menambahkan pegawai. Dari 40 sampel konsumen acak, rata-rata waktu tunggu adalah 14 menit dengan standar deviasi 6 menit. Percobaan pada level signifikan 5% untuk menentukan pengurangan signifikannya yang telah dicapai dalam rata-rata waktu tunggu. Konsumen mengharapkan untuk menunggu tidak lebih dari 15 menit, melebihi dimana mereka mulai menjadi tidak puas. Apa proporsi dari konsumen tidak akan puas dengan pengaturan yang baru, asumsikan rata-rata waktu tunggu 14 menit?

Solusi:

Masalah ini melibatkan percobaan hipotesa dari perbedaan antar dua rata-rata populasi, satu adalah rata-rata waktu tunggu sebelum penambahan pegawai (μ_1) dan kedua rata-rata waktu tunggu setelah penambahan (μ_2). Kita mengasumsikan distribusi dari waktu tunggu normal dalam tiap kasus, dengan variansi yang tidak

diketahui sama. Rata-rata sample dan standar deviasi dari waktu tunggu adalah $\bar{X}_1 = 25, \bar{X}_2 = 14, s_1 = 4$ dan $s_2 = 6$. ukuran sample adalah $n_1 = 35$ dan $n_2 = 40$. Menggunakan konsep hipotesa percobaan, kita menggunakan beberapa hipotesa,

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{(35 - 1)4^2 + (40 - 1)6^2}{35 + 40 - 2} = 26.685$$

$$t_0 = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - 0}{s_p \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}} = \frac{(25 - 14)}{5.166 \sqrt{\frac{1}{35} + \frac{1}{40}}} = 9.200$$

Proporsi pelanggan yang harus menunggu lebih dari 15 menit dan setelah ditambah pegawai menjadi 14 menit:

$$t_0 = \frac{(15 - 14)}{6/\sqrt{40}} = 1.054$$

5. Transportasi

Model transportasi yang sering dilakukan dalam pengendalian jasa antara lain *airlines, railroad, bus, taxi*, dll. Ada 4 faktor karakteristik kualitas yang penting dalam industri yakni faktor manusia dan perilaku, *timelines, service nonconformities, dan facility-related*. Karakteristik lain yang mempengaruhi kepuasan konsumen adalah *operation* dan waktu *delivery*. Upaya peggendalian dari karakteristik tersebut dapat diselesaikan dengan berbagai macam jenis peta kendali.

Faktor manusia dan perilaku dapat di monitor menggunakan c-chart

Timelines dapat di monitor menggunakan \bar{x} -r chart

Service nonconformities dapat di monitor menggunakan np chart

faktor karakteristik lain dapat menggunakan p-chart

Selain cara memonitor diatas dapat pula ditambahkan dengan pembuatan c-chart, diagram sebab akibat dan diagram pareto.

6. Personal Service

Menghilangkan penyebab ketidakpuasan konsumen merupakan langkah yang baik untuk dilakukan, tapi ini saja tidak cukup. Memberikan tingkat kualitas yang melebihi dari perkiraan pelanggan akan mempengaruhi kepuasan pelanggan. Sebagai contoh, pada salon kecantikan terdapat rangkaian bunga segar pada area menunggu – hal ini menambah sentuhan kepuasan dan perasaan pelanggan mendapatkan perlakuan lebih dari uang yang mereka keluarkan. Pelanggan merupakan sumber terbaik periklanan untuk suatu bisnis. Mereka akan kembali untuk melakukan bisnis dan mengatakan kepada orang lain pelayanan yang baik dan perlakuan khusus yang akan mereka dapatkan. Sebagai hasil, perusahaan jasa dapat memanfaatkan kualitas yang mereka tawarkan untuk menarik pelanggan. Dengan perlakuan melebihi kualitas yang ada, menjamin bisnis tetap kompetitif.

Faktor yang menyebabkan kepuasan pelanggan biasanya faktor manusia dan perilaku kelompok atau standar waktu yang ditetapkan kelompok. Contoh: perlakuan ramah dari penerima tamu hotel atau waktu tunggu yang minimal saat direstoran. Teknik statistika dapat digunakan untuk pengendalian kualitas jasa. Diagram rata-rata \bar{X} dan rentangan R digunakan untuk mengendalikan karakteristik waktu mendaftar dan *check in* di hotel, waktu menunggu pada salon atau restoran, waktu untuk berpindah dari airport ke hotel. *p-chart* digunakan untuk mengendalikan proporsi waktu antar sebuah restoran atau proporsi kamar yang tersedia pada hotel. *C-chart* digunakan untuk mengendalikan jumlah komplain pelanggan tiap minggu atau jumlah pelanggan yang dilayani selama jam makan siang pada restoran. *Demerit chart* digunakan untuk mengendalikan bobot kualitas dari kartu pengaduan konsumen. Sedangkan *pareto* dan *causes-effect* diagram digunakan sebagai analisis perbaikan kualitas.

Contoh :

Sebuah salon kecantikan meneliti waktu tunggu pelanggannya. Dari data yang dikumpulkan dari 35 pelanggan yang dipilih secara acak, manajer memperkirakan rata-rata waktu tunggu 25 menit, dengan standar deviasi 4 menit. Untuk mengurangi waktu menunggu, manajer menambah ahli kecantikan. Dari sample random 40 pelanggan, rata-rata waktu menunggu menjadi 14 menit dengan standar deviasi 6 menit. Uji pada tingkat signifikan 5 % untuk menentukan pengurangan secara

signifikan pada rata-rata waktu menunggu. Perkiraan pelanggan menunggu tidak lebih dari 15 menit, lebih dari itu mereka mulai mengalami ketidakpuasan. Berapa proporsi pelanggan yang tidak setuju dengan pengaturan baru ini, asumsikan waktu tunggu menjadi 14 menit.

Solusi :

Masalah ini dapat diuji hipotesis perbedaan antara rata-rata 2 populasi: rata-rata waktu tunggu sebelum penambahan ahli kecantikan (μ_1) dan rata-rata waktu tunggu setelah penambahan ahli kecantikan (μ_2). Asumsikan distribusi waktu menunggu normal untuk masing-masing kasus, dengan variansi yang tidak diketahui. Rata-rata dan standar deviasi sample untuk waktu menunggu $X_1=25$, $X_2=14$, $s_1=4$, dan $s_2=6$. ukuran sample $n_1=35$ dan $n_2=40$. gunakan konsep uji hipotesis:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_a: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

Estimasi variansi s_p^2 diperoleh dari

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{(35 - 1)4^2 + (40 - 1)6^2}{35 + 40 - 2} = 26.685$$

Nilai s_p kemudian diuji statistik dengan t-value :

$$t_0 = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - 0}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{25 - 14}{5.166 \sqrt{1/35 + 1/40}} = 9.200$$

Nilai kritis untuk $t_{.05,73}$ pada tabel nilai t adalah 1.6661 (hasil interpolasi). Uji *statistic value* 9.2000 melebihi *critical value* dan jatuh pada daerah penolakan hipotesis nol, kami menolak hipotesis nol. Keputusan: menambah ahli kecantikan dapat mengurangi rata-rata waktu tunggu secara signifikan.

Kemudian menentukan proporsi pelanggan yang akan menunggu lebih dari 15 menit dengan penambahan ahli kecantikan yang baru, asumsikan rata-rata waktu tunggu 14 menit, t-value dihitung dengan

$$t_0 = \frac{15 - 14}{6 / \sqrt{40}} = 1.054$$

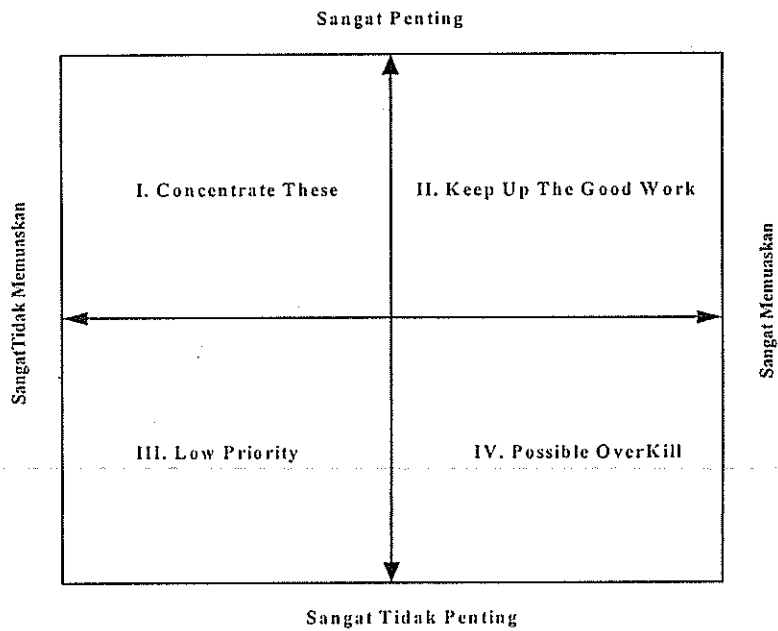
Dari tabel t untuk derajat kebebasan 39, propabilitas melebihi t value antara 0.100 dan 0.250. yaitu antara 10 dan 25 % pelanggan tetap tidak puas dengan waktu tunggu. Jika tabel standar normal digunakan untuk memperkirakan proporsi pelanggan yang menunggu lebih dari 15 menit, diperkirakan 0.146 atau 14.6%. berarti ahli kecantikan yang lebih banyak, dapat mengurangi waktu menunggu.

Perbaikan Kualitas Pelayanan

Dalam rangka perbaikan terhadap kualitas pelayanan, salah satu cara untuk menentukan faktor-faktor apa saja yang perlu diprioritaskan untuk dibenahi adalah dengan menggunakan analisis *importance* dan *performance matrix* (matriks tingkat kepentingan dan performansi).

Konsep ini sebenarnya berasal dari konsep SERVQUAL. Tingkat kepentingan pelanggan (*customer expectation*) diukur dalam kaitannya dengan apa yang seharusnya dikerjakan oleh perusahaan agar menghasilkan produk atau jasa yang berkualitas tinggi. Untuk memperjelas konsep ini, istilah *expectation* sebaiknya diganti dengan *importance* atau tingkat kepentingan menurut persepsi pelanggan. Dari berbagai persepsi tingkat kepentingan pelanggan, selanjutnya dirumuskan tingkat kepentingan yang paling dominan.

Pada analisis *importance* dan *performance matrix*, dilakukan pemetaan menjadi empat kuadran untuk seluruh variabel yang mempengaruhi kualitas pelayanan. Pemetaan variabel-variabel pada penelitian ini terbagi ke dalam dua macam, yaitu untuk gap 1 dan gap 5. Pembagian kuadran dalam *importance* dan *performance matrix* dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 7.10 Importance-Performance Matrix

Strategi yang dapat dilakukan berkenaan dengan posisi masing-masing variabel pada keempat kuadran tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

Kuadran I (*Concentrate These*)

Ini adalah wilayah yang memuat faktor-faktor yang dianggap penting oleh pelanggan, tetapi pada kenyataannya faktor-faktor ini belum sesuai seperti yang diharapkan konsumen, sehingga variabel yang masuk kuadran ini harus ditingkatkan. Caranya adalah perusahaan melakukan perbaikan secara terus-menerus sehingga *performance* variabel yang ada dalam kuadran ini akan meningkat.

Kuadran II (*Keep Up The Good Work*)

Wilayah ini memuat faktor-faktor yang dianggap penting oleh pelanggan dan faktor-faktor yang dianggap oleh pelanggan sudah sesuai dengan yang dirasakannya sehingga tingkat kepuasannya relatif lebih tinggi. Variabel-variabel yang masuk kuadran ini harus tetap dipertahankan karena semua variabel ini menjadikan produk/ jasa tersebut unggul di mata pelanggan.

Kuadran III (*Low Priority*)

Pada kuadran ini memuat faktor-faktor yang dianggap kurang penting oleh pelanggan dan pada kenyataannya kinerjanya tidak terlalu istimewa. Peningkatan variabel-variabel yang termasuk dalam kuadran ini dapat dipertimbangkan kembali karena pengaruhnya terhadap manfaat yang dirasakan oleh pelanggan sangat kecil.

Kuadran IV (*Possible Overkill*)

Pada kuadran ini memuat faktor-faktor yang dianggap kurang penting oleh pelanggan dan dirasakan terlalu berlebihan. Variabel-variabel yang termasuk dalam kuadran ini dapat dikurangi agar perusahaan dapat menghemat biaya.

Daftar Pustaka

- a. Tjiptono, Fandy, dan, Candra, Gregorius, (2005), *Service Quality Satisfaction*, Andi Yogyakarta, Yogyakarta.
- b. Tjiptono, Fandy, (2004), *Manajemen Jasa*, Andi, Yogyakarta.
- c. Tjiptono, Fandy dan Anastasia Diana, (2003), *Total Quality Manajemen*, Andi, Yogyakarta.
- d. Yamit, Zulian. (2004), *Manajemen Produk dan Jasa*, PT. Ekonomia, Yogyakarta.

BAB VIII
SAMPLING
PENERIMAAN

Tujuan Instruksional Khusus :

- 1. Mah asiswa dapat menjelaskan sampling atribut**
- 2. Mahasiswa dapat menjelaskan sampling variabel**

8.1 PENGERTIAN

Pemeriksaan bahan baku, produk setengah jadi, atau produk jadi adalah satu bagian yang penting jaminan kualitas. Apabila pemeriksaan bertujuan untuk penerimaan atau penolakan suatu produk, berdasarkan kesesuaian dengan standar, jenis prosedur pemeriksaan yang digunakan biasanya dinamakan sampling penerimaan.

Ada beberapa hal yang harus diingat dalam sampling penerimaan yaitu bahwa sampling penerimaan bukan cara untuk mengendalikan atau meningkatkan tingkat kualitas dari suatu produk tetapi hanya suatu metode untuk menentukan disposisi suatu lot. Hal ini berkaitan dengan pernyataan bahwa kualitas tidak dapat diperiksa ke dalam suatu produk atau jasa tetapi kualitas harus didesain dan dibangun dalam suatu produk atau jasa tersebut. Karena adanya sifat alamiah dari sampling, maka prosedur sampling penerimaan hanya akan menerima beberapa lot dan menolak yang lainnya, walaupun lot tersebut memiliki kualitas yang sama. Oleh karena itu, metode-metode untuk pengendalian dan peningkatan kualitas sangat penting karena hanya itulah cara untuk mendapatkan kualitas yang maksimal. Sedangkan sampling penerimaan sebaiknya hanya dilihat sebagai alat pemeriksa (*auditing tool*) saja.

8.1.1 KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN SAMPLING

Keuntungan sampling :

1. Jika suatu pemeriksaan yang dilakukan bersifat merusak, maka pemeriksaan 100 % tidak mungkin dilakukan.
2. Sampling lebih ekonomis dan akan menyebabkan kerusakan yang lebih kecil dalam penanganannya. Jika biaya pemeriksaan tinggi atau waktu pemeriksaan lama, keterbatasan sumber daya akan membuat sampling lebih baik untuk digunakan.
3. Sampling dapat mengurangi kesalahan pemeriksaan. Pada jumlah yang banyak, pemeriksaan yang berulang, seperti pada pemeriksaan 100%, kelelahan pemeriksa dapat menghalangi identifikasi banyaknya ketidaksesuaian atau bagian tidak sesuai dari unit-unit yang ada.
4. Sampling akan memberikan motivasi yang tinggi untuk meningkatkan kualitas karena seluruh *batch* atau lot mungki ditolak.

Kerugian sampling :

- Ada resiko untuk menolak lot yang bagus atau menerima lot yang jelek, yang sering diidentifikasi sebagai resiko produsen atau resiko konsumen.
- Informasi yang didapatkan mengenai suatu produk akan kurang apabila dibandingkan dengan yang didapat dari pemeriksaan 100%.
- Pemilihan dan pemakaian rencana sampling membutuhkan waktu dan usaha yang lebih besar dalam perencanaan dan pendokumentasian.

8.1.2 RESIKO KONSUMEN DAN RESIKO PRODUSEN

Dalam sampling penerimaan, unit-unitnya dipilih secara acak dari *batch*, lot atau proses. Ada dua tipe resiko yang melekat pada rencana sampling.

Resiko produsen yaitu resiko yang berhubungan dengan penolakan (atau tidak diterima) suatu lot yang kualitasnya bagus. Secara umum diinginkan untuk sesering mungkin menerima tingkat kualitas bagus (*Acceptable Quality Level*), dimana nilai numeriknya telah ditentukan.

Acceptable Quality Level (AQL) yaitu definisi numerik dari lot yang bagus, yang berhubungan dengan resiko produsen. ANSI/ASQC Standard A2 (1987) menggambarkan AQL sebagai "persentase atau proporsi maksimum bagian tak sesuai atau banyaknya ketidaksesuaian dalam suatu lot atau batch yang dapat memuaskan sebagai rata-rata proses". Nilai AQL berhubungan dengan rata-rata proses dimana jika tetap dijaga pada nilai ini maka akan menghasilkan penerimaan sebagian besar lot.

Resiko Konsumen yaitu resiko penerimaan lot yang jelek. Hal ini jarang diinginkan untuk menerima lot dengan tingkat kualitas yang jelek. Nilai numerik dari tingkat kualitas jelek (*Limiting Quality Level*) ini telah ditentukan.

Limiting Quality Level (LQL) yaitu definisi numerik dari lot yang jelek yang berhubungan dengan resiko konsumen. ANSI/ASQC Standard A2 (1987) menggambarkan LQL sebagai "persentase atau proporsi dari bagian tak sesuai atau banyaknya ketidaksesuaian dalam suatu lot atau batch yang mana konsumen mengharapkan peluang penerimaannya ditetapkan pada nilai yang rendah". LQL kadang-kadang berhubungan dengan *Rejectable Quality Level* (RQL), *Unacceptable*

Quality Level (UQL), atau *Limiting Quality* (LQ). Ketika LQL dinyatakan sebagai persentase bagian tak sesuai, hal ini mungkin berhubungan dengan *Lot Tolerance Percent Defective* (LPTD).

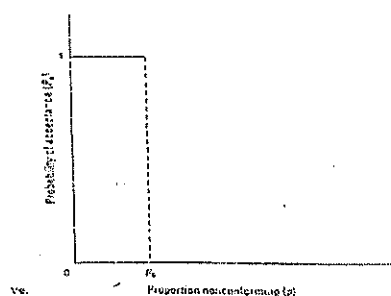
Ketika kita menetapkan resiko produsen dalam rencana sampling, kita secara berhubungan harus menetapkan tingkat kualitas yang diinginkan yang kita pilih untuk diterima. Sebagai contoh, jika kita menetapkan resiko produsen 15% untuk AQL 0,02 berarti bahwa kita menganggap batch dengan 2% bagian tak sesuai adalah bagus dan lebih memilih untuk menolak batch tidak lebih dari 5% pada saat itu. Sebaliknya jika resiko konsumen 10% untuk LQL 0.08 berarti bahwa batch dengan 8% bagian tidak sesuai adalah jelek dan kita memilih untuk menerima batch tersebut tidak lebih dari 10% kali pemeriksaan.

8.1.3 KURVA KARAKTERISTIK OPERASI

Kurva Karakteristik operasi (OC = *Operating Characteristic*) mengukur performansi rencana sampling. Kurva ini mengplotkan peluang penerimaan lot dan proporsi bagian tak sesuai dari lot. Untuk semua rencana sampling, kita ingin menerima batch dengan proporsi bagian tak sesuai yang rendah pada setiap waktu dan kita tidak ingin menerima batch dengan proporsi bagian tak sesuai tinggi sesering mungkin. Kurva OC mengindikasikan tingkat pencapaian tujuan ini.

Kurva OC yang ideal ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Peluang penerimaan suatu lot, P_a , adalah 1 untuk nilai proporsi bagian tak sesuai $p \leq p_0$ dan 0 untuk $p > p_0$ dimana p_0 adalah tingkat proporsi bagian tak sesuai. Dengan asumsi bahwa kita memilih tingkat kualitas p_0 yang menggambarkan batas antara penerimaan dan penolakan lot. Lot yang diterima ($p \leq p_0$) akan selalu diterima oleh rencana sampling dan lot yang ditolak ($p > p_0$) akan selalu ditolak oleh rencana sampling.

Dalam prakteknya kurva OC tidak selalu ideal. Untuk membuat kurva OC untuk rencana sampling tunggal, diperlukan N yang melambangkan ukuran lot, n ukuran sampel dan c jumlah penerimaan. Ukuran sampel acak n diambil dari lot ukuran N . Jika jumlah pengamatan dari bagian tak sesuai dan ketidaksesuaian kurang dari atau sama dengan c maka lot diterima, bila sebaliknya maka ditolak.



Gambara 8.1 Kurva OC Ideal

Kurva OC tipe A dibuat jika kita mengasumsikan bahwa sampel diambil dari lot yang terpisah dari ukuran yang terbatas. Peluang penerimaan lot dihitung berdasarkan distribusi hipergeometrik. Peluang untuk menemukan x bagian tak sesuai dari sampel ditentukan oleh :

$$P(x) = \frac{\binom{D}{x} \binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}} \quad 8.1$$

Dimana D merupakan jumlah bagian tak sesuai dari lot. Karena lot akan diterima jika c atau kurang bagian tak sesuai ditemukan, maka peluang penerimaan lot adalah

$$P(a) = P(x \leq c) = \sum_{x=0}^c P(x) \quad 8.2$$

Dimana nilai $P(x)$ diperoleh dari persamaan 10.1.

Kurva OC tipe B dibuat jika kita mengasumsikan bahwa lot yang mengalir dihasilkan dari proses dengan ukuran lot yang besar (paling tidak 10 kali) bila dibandingkan dengan ukuran sampelnya. Untuk menemukan peluang pengamatan x bagian tak sesuai dari sampel ukuran n digunakan distribusi binomial. Diasumsikan bahwa proporsi dari bagian tak sesuai dari lot adalah p , maka peluangnya ditentukan dari

$$P(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \quad 8.3$$

Sedangkan peluang penerimaan lot adalah

$$P(a) = P(x \leq c) = \sum_{x=0}^c P(x) \quad 8.4$$

Dimana $P(x)$ diperoleh dari persamaan 10.3. Sebagai alternatif lain, tabel peluang binomial kumulatif dapat digunakan jika nilai parameter n dan p yang tepat ditabelkan.

Jika ukuran lot besar dan peluang bagian tak sesuai kecil, distribusi Poisson dapat digunakan sebagai pendekatan distribusi binomial. Peluang ditemukannya x bagian tak sesuai dalam sampel dihitung dari

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad 8.5$$

dimana $\lambda = np$ menggambarkan jumlah rata-rata bagian tak sesuai dalam sampel.

Peluang penerimaan lot, P_{as} dapat dihitung dari

$$P(a) = P(x \leq c) = \sum_{x=0}^c P(x) \quad 8.6$$

Dimana $P(x)$ diperoleh dari persamaan 10.5. Tabel distribusi peluang Poisson kumulatif dapat digunakan untuk menentukan nilai yang tepat dari parameter λ .

8.1.4 PENGARUH UKURAN SAMPEL DAN JUMLAH PENERIMAAN

Parameter n dan c dalam rencana sampling dapat mempengaruhi bentuk kurva OC. Sepanjang ukuran lot N secara signifikan lebih besar bila dibandingkan dengan ukuran sampel n , ukuran lot tidak akan mempengaruhi bentuk kurva OC secara besar. Untuk nilai N dan c yang tetap ketika ukuran sampel bertambah besar, kemiringan kurva OC akan semakin curam, yang menyatakan kekuatan diskriminan. Perlu diingat bahwa peluang penerimaan akan menurun untuk kualitas lot yang diberikan ketika jumlah penerimaan c juga menurun. Kurva OC akan mulai turun secara drastis ketika proporsi bagian tak sesuai sedikit menyimpang dari nol.

Pemilihan nilai n dan c harus disesuaikan dengan tujuan pengguna.

8.1.5 TIPE RENCANA SAMPLING

Secara umum ada tiga macam tipe rencana sampling atribut yaitu rencana sampling tunggal, ganda dan multiple. Rencana sampling multiple adalah kelanjutan dari rencana sampling ganda. Tiga, empat, lima atau lebih banyak lagi sampel yang diperlukan untuk mengambil keputusan pada suatu lot. Rencana sampling dapat dihentikan pada tahap manapun ketika kriteria penerimaan atau penolakan ditemukan.

Ukuran sampel pada rencana sampling multiple biasanya kurang dari atau sama dengan rencana sampling ganda dan biasanya juga kurang dari atau sama dengan rencana sampling ganda. Kelanjutan yang paling akhir dari rencana sampling multiple adalah rencana sampling sekuensial dimana ini merupakan rencana pemeriksaan per item. Setelah masing-masing item diperiksa, keputusan kemudian diambil untuk menerima, menolak atau memilih item lain untuk diperiksa, tergantung dari jumlah kumulatif bagian tak sesuai item yang diamati apakah kurang dari atau sama dengan jumlah penerimaan, lebih besar atau sama dengan jumlah penolakan atau diantara keduanya.

Masing-Masing tipe rencana sampling memiliki keuntungan dan kerugian. Jika yang diperhatikan adalah masalah kesederhanaan, maka rencana sampling tunggal adalah yang terbaik, kemudian diikuti rencana sampling ganda dan rencana sampling multiple. Untuk biaya administrasi penyimpanan hasil, pelatihan dan pemeriksaan yang paling sedikit adalah untuk rencana sampling tunggal dan yang paling besar adalah untuk rencana sampling multiple.

Jumlah item yang harus diperiksa untuk membuat keputusan terhadap lot biasanya lebih banyak pada rencana sampling tunggal. Hal ini karena rencana sampling ganda dan multiple menggunakan lebih sedikit item untuk sampelnya, sehingga jika lotnya sangat bagus atau sangat jelek, keputusan untuk menerima atau menolaknya dapat dibuat dengan lebih cepat. Biaya pemeriksaannya pun juga akan menjadi yang paling mahal untuk rencana sampling tunggal dan yang paling murah untuk rencana sampling multiple.

Informasi yang terkandung dalam sample adalah fungsi dari ukuran sampel. Semakin banyak sampel yang diperiksa maka semakin banyak informasi yang akan kita peroleh mengenai suatu produk dan juga prosesnya. Rencana sampling tunggal menyediakan informasi yang lebih banyak dan rencana sampling multiple yang paling sedikit.

8.1.6 EVALUASI RENCANA SAMPLING

Kurva OC

Kurva OC juga merupakan ukuran performansi dari suatu rencana sampling. Kita juga dapat menggunakan ukuran yang lain untuk mengevaluasi kebaikan rencana

sampling. Hal ini melibatkan tingkat kualitas rata-rata dari batch yang meninggalkan stasiun pemeriksaan, rata-rata jumlah item yang diperiksa sebelum membuat keputusan terhadap suatu lot, rata-rata jumlah pemeriksaan per lot jika lot yang ditolak melalui pemeriksaan 100%.

Average Outgoing Quality (AOQ)

Average Outgoing Quality adalah tingkat kualitas rata-rata dari batch yang meninggalkan stasiun pemeriksaan, dengan asumsi pemeriksaan ralat, setelah masuk untuk diperiksa pada tingkat kualitas tertentu p . Perumusan nilai AOQ adalah sebagai berikut :

$$AOQ = \frac{P_a p(N - n)}{N}$$

Dimana N adalah ukuran lot, p adalah kualitas lot yang datang, dan P_a adalah peluang penerimaan lot dengan menggunakan rencana sampling yang ada.

Average Outgoing Quality Limit (AOQL)

Average Outgoing Quality Limit (AOQL) adalah nilai maksimum, atau puncak dari kurva AOQ. AOQL menggambarkan kualitas rata-rata yang paling buruk yang akan meninggalkan stasiun pemeriksaan, dengan asumsi pembetulan, dengan memperhatikan kualitas kedatangan suatu lot. AOQL juga merupakan ukuran kebaikan dari rencana sampling.

8.2 RENCANA SAMPLING ATRIBUT LOT PER LOT

Rencana sampling atribut dibuat untuk membuat keputusan dengan memperhatikan item yang diajukan untuk pemeriksaan dalam suatu lot. Tujuannya adalah untuk menemukan ukuran sampel yang sesuai dan jumlah penerimaan rencana sampling yang memenuhi tingkat resiko produsen, resiko konsumen atau keduanya.

8.2.1 RENCANA SAMPLING TUNGGAL

Dalam rencana sampling tunggal, informasi yang diperoleh dari satu sample digunakan untuk membuat keputusan untuk menerima atau menolak lot. Ada dua

parameter yang digunakan dalam rencana sampling, yaitu ukuran sample n dan jumlah penerimaan c . Rencana sampling dijalankan dengan aturan sebagai berikut. Sampel acak dengan ukuran n dipilih dari batch. Sejumlah bagian tak sesuai atau ketidaksesuaian ditemukan dalam sampel dan dibandingkan dengan jumlah penerimaan. Jika banyaknya bagian tak sesuai atau ketidaksesuaian yang ditemukan lebih dari c , maka lot ditolak.

Penetapan Resiko Produsen

Untuk memilih rencana sampling yang paling sesuai, pertama pilih jumlah penerimaan c . Distribusi Poisson digunakan untuk mendekati distribusi hipergeometrik ketika menentukan peluang penerimaan lot. Hal ini tepat ketika ukuran sampel merupakan perbandingan yang kecil dari ukuran sampel dan proporsi bagian tak sesuai lot p kecil. Jumlah rata-ran bagian tak sesuai sampel adalah $\lambda = np$. Peluang penerimaan lot P_a akan sama dengan $1 - \alpha$ ketika $p = p_1$. Nilai λ ditemukan pada tabel distribusi kumulatif Poisson. Karena nilai $\lambda = np_1 = n$ (AQL) maka ukuran sampel n diperoleh dengan membagi nilai n (AQL) dengan AQL.

Penetapan Resiko Konsumen

Prosedurnya mirip dengan yang digunakan pada resiko produsen. Nilai jumlah penerimaan c dipilih. Berdasarkan peluang penerimaan β , untuk kualitas lot $p_2 = LQL$, nilai $\lambda = np_2$ dapat diperoleh pada tabel distribusi kumulatif Poisson. Ukuran sampel diperoleh dengan membagi nilai np_2 dengan p_2 .

Tabel 8.1 Nilai np untuk Resiko Produsen 0.05 dan Resiko Konsumen 0.10

Acceptance Number, c	$P_a = .95$	$P_a = .10$	np_2/np_1
	np_1	np_2	
0	0.051	2.303	44.84
1	0.355	3.890	10.96
2	0.818	5.322	6.51
3	1.366	6.681	4.89
4	1.970	7.994	4.06
5	2.613	9.274	3.55
6	3.286	10.532	3.21
7	3.981	11.771	2.96
8	4.695	12.995	2.77
9	5.426	14.206	2.62
10	6.169	15.407	2.50
11	6.924	16.598	2.40
12	7.690	17.782	2.31
13	8.464	18.958	2.24
14	9.246	20.128	2.18
15	10.035	21.292	2.21

Average Total Inspection (ATI)

ATI menggambarkan jumlah item rata-rata yang diperiksa per lot. Untuk rencana sampling tunggal, ATI per lot untuk lot dengan tingkat kualitas kedatangan p adalah

$$ATI = n + (1 - P_a)(N - n)$$

Dimana P_a adalah peluang penerimaan suatu lot yang memiliki tingkat kualitas kedatangan p . Kurva ATI menggambarkan hubungan antara ATI dan p .

Average Sample Number (ASN)

Average Sample Number (ASN) adalah jumlah rata-rata item yang diperiksa pada suatu lot dengan kualitas kedatangan lot yang telah ditentukan untuk membuat keputusan. Nilai ASN untuk rencana sampling tunggal adalah sama dengan ukuran sampel n .

Contoh :

Tentukan rencana sampling tunggal yang memuaskan resiko produsen 5% untuk lot dengan 1.8% bagian tak sesuai dan resiko konsumen 10% untuk lot dengan 9% bagian tak sesuai.

Penyelesaian :

Diketahui $\alpha = 0.05$, $p_1 = AQL = 0.018$, $\beta = 0.10$ dan $p_2 = LQL = 0.09$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{LQL}{AQL} = \frac{0.09}{0.018} = 5.00$$

Untuk nilai $\alpha = 0.05$ dan $\beta = 0.10$, kita gunakan kolom terakhir pada tabel 7.1 untuk menentukan jumlah penerimaan yang mungkin. Rasio 5.00 jatuh antara nilai 6.51 dan 4.89, yang berhubungan dengan jumlah penerimaan 2 dan 3.

Dua rencana sampling yang memuaskan resiko produsen yaitu :

Untuk $c = 2$, $np_1 = 0.818$ maka ukuran sampelnya adalah

$$n = \frac{np_1}{p_1} = \frac{0.818}{0.018} = 45.44 \approx 45$$

Untuk $c = 3$, $np_1 = 1.366$ maka ukuran sampelnya adalah

$$n = \frac{np_1}{p_1} = \frac{1.366}{0.018} = 75.88 \approx 76$$

Sehingga untuk $c = 2$ rencana samplingnya $n = 45$ dan $n = 76$ untuk $c = 3$ akan memuaskan resiko produsen.

Dua rencana sampling yang memuaskan resiko konsumen yaitu :

Untuk $c = 2$, $np_2 = 5.322$ maka ukuran sampelnya adalah

$$n = \frac{np_2}{p_2} = \frac{5.322}{0.09} = 59.13 \approx 60$$

Untuk $c = 3$, $np_2 = 6.681$ maka ukuran sampelnya adalah

$$n = \frac{np_2}{p_2} = \frac{6.681}{0.09} = 74.23 \approx 75$$

Sehingga untuk $c = 2$ rencana samplingnya $n = 60$ dan $n = 75$ untuk $c = 3$ akan memuaskan resiko konsumen.

Sehingga empat rencana sampling yang mungkin adalah sebagai berikut :

Plan 1 : $n = 45$, $c = 2$

Plan 2 : $n = 76$, $c = 3$

Plan 3 : $n = 60$, $c = 2$

Plan 4 : $n = 75$, $c = 3$

Dari rencana 1 dan 2 yang memuaskan resiko yang memuaskan resiko produsen didekati untuk memuaskan konsumen. Untuk nilai target resiko konsumen $\beta = 0.10$, kita mencari proporsi bagian tak sesuai p_2 dari batch yang akan diterima pada $100\beta\%$.

Untuk $n = 45$ dan $c = 2$ (plan 1), jika $\beta = 0.10$ dan $np_2 = 5.322$ maka

$$p_2 = \frac{np_2}{n} = \frac{5.322}{45} = 0.1183$$

Untuk $n = 76$ dan $c = 3$ (plan 2), jika $\beta = 0.10$ dan $np_2 = 6.681$ maka

$$p_2 = \frac{np_2}{n} = \frac{6.681}{76} = 0.0879$$

Plan 1 menerima batch yang memiliki 11.83% bagian tak sesuai 10% kali pemeriksaan. Sedangkan Plan 2 menerima batch yang memiliki 8.79% bagian tak sesuai 10% kali pemeriksaan.

Nilai target untuk p_2 (LQL) adalah 0.09, dan nilai p_2 pada plan 2 lebih mendekati nilai terget daripada plan 1 yang memiliki p_2 sebesar 0.11183. Jika kriteria pemilihan kita adalah untuk memenuhi resiko produsen dan lebih mendekati pemenuhan resiko konsumen maka rencana sampling 2 lebih mendekati hal tersebut. Tujuan kita adalah menerima batch yang jelek (kualitas lot dengan 9% bagian tak sesuai) 10% kali pemeriksaan. Plan 2 menerima batch yang memiliki 8.79% bagian tak sesuai 10% kali pemeriksaan.

Dari rencana 3 dan 4 yang memuaskan resiko yang memuaskan resiko konsumen didekati untuk memuaskan produsen. Plan 3 dan 4 diperlukan untuk menentukan proporsi bagian tak sesuai p_1 dari batch yang akan diterima 10% kali pemeriksaan. Hal ini memuaskan resiko produsen $\alpha = 0.05$.

Untuk $n = 60$ dan $c = 2$ (plan 3), jika $\alpha = 0.05$ dan $np_1 = 0.818$ maka

$$p_1 = \frac{np_1}{n} = \frac{0.818}{60} = 0.0136$$

Untuk $n = 75$ dan $c = 3$ (plan 4), jika $\alpha = 0.05$ dan $np_1 = 1.366$ maka

$$p_1 = \frac{np_1}{n} = \frac{1.366}{75} = 0.0182$$

Plan 3 menolak batch yang memiliki 1.36% bagian tak sesuai 5% kali pemeriksaan. Sedangkan Plan 4 menerima batch yang memiliki 1.82% bagian tak sesuai 5% kali pemeriksaan. Karena nilai p_1 dari plan 4 lebih dekat ke nilai target, $p_1 = 0.018$ maka dipilih plan 4.

Kriteria lain yang dapat digunakan untuk memilih rencana sampling adalah dengan memilih salah satu yang memiliki ukuran sampel paling kecil dengan tujuan untuk meminimasi biaya pemeriksaan. Oleh karena itu plan 1 dapat dipilih dengan $n = 45$, $c = 2$ dan rencana ini memuaskan resiko produsen.

Selain itu kita juga dapat memilih rencana sampling dengan ukuran sampel terbesar, yang memberikan informasi paling banyak. Sehingga untuk itu dipilih plan 2 dengan $n = 76$, $c = 3$. Plan ini memuaskan resiko produsen dan mendekati resiko konsumen.

8.2.2 RENCANA SAMPLING GANDA

Dalam rencana sampling ganda melibatkan pembuatan keputusan untuk menerima lot, menolak lot atau mengambil sampel kedua. Jika kesimpulan dari sampel yang pertama adalah bahwa kualitas lot cukup bagus maka lot diterima. Jika kesimpulannya adalah bahwa lot jelek maka ditolak. Jika sampel pertama memberikan kesimpulan bahwa kualitas lot tidak jelek dan tidak juga bagus, maka sampel kedua perlu untuk diambil. Kemudian berdasarkan kombinasi jumlah bagian tak sesuai atau banyaknya ketidaksesuaian diantara kedua sampel, maka keputusan diambil untuk menerima atau menolak lot. Parameter dari sampling ganda adalah sebagai berikut :

- n_1 : ukuran sampel yang pertama
- c_1 : jumlah penerimaan pada sampel yang pertama
- r_1 : jumlah penolakan pada sampel yang pertama
- n_2 : ukuran sampel yang kedua
- c_2 : jumlah penerimaan pada sampel yang kedua
- r_2 : jumlah penolakan pada sampel yang kedua

Meskipun rencana sampling ganda lebih sulit daripada rencana sampling tunggal, tetapi biasanya dalam membuat keputusan diperlukan jumlah sampel yang lebih sedikit. Hal ini disebabkan demonstrasi kualitas lot yang sangat bagus atau sangat jelek pada sampel yang pertama menyebabkan penerimaan atau penolakan lot tanpa memerlukan pengambilan sampel yang kedua.

Average Total Inspection (ATI)

Untuk rencana sampling tunggal, ATI dirumuskan sebagai berikut :

$$ATI = n_1 (P_{a1}) + (n_1 + n_2) P_{a2} + N (1 - P_{a1} - P_{a2})$$

P_{a1} adalah peluang penerimaan lot pada sampling pertama, dan P_{a2} adalah peluang penerimaan lot pada sampling kedua.

Average Sample Number (ASN)

Average Sample Number (ASN) adalah jumlah rata-rata item yang diperiksa pada suatu lot dengan kualitas kedatangan lot yang telah ditentukan untuk membuat keputusan.. Untuk rencana sampling ganda, nilai ASN dihitung dengan cara :

$$ASN = n_1 P_1 + (n_1 + n_2) (1 - P_1)$$

$$= n_1 + n_2 (1 - P_1)$$

Diman P_1 adalah peluang membuat keputusan pada sampel yang pertama. Dengan asumsi bahwa tidak ada pembatasan pada sampel pertama atau kedua ketika membuat keputusan. Nilai P_1 dapat ditentukan sebagai berikut :

$$P_1 = P (\text{lot yang diterima pada sampel yang pertama}) + P (\text{lot yang ditolak pada sampel yang pertama})$$

$$= P (x \leq c_1) + P (x \geq r_1)$$

Dimana x adalah jumlah bagian tak sesuai atau ketidaksesuaian, c_1 adalah jumlah penerimaan pada sampel yang pertama, dan r_1 adalah jumlah penolakan pada sampel yang pertama.

Tabel 8.2 Tabel Grubbs I: Nilai untuk membangun rencana sampling ganda dimana $n_1=n_2$ ($\alpha = 0.05, \beta = 0.10$)

Plan	K = p_2/p_1	Acceptance Numbers		Approximate Values of n_1/p			Approximate ASN/ n_1 for $P_e = .95$
		c_1	c_2	$P_e = .95$	$P_e = .50$	$P_e = .10$	
1	11.90	0	1	0.21	1.00	2.50	1.170
2	7.54	1	2	0.52	1.82	3.92	1.081
3	6.79	0	2	0.43	1.42	2.96	1.340
4	5.39	1	3	0.76	2.11	4.11	1.169
5	4.65	2	4	1.16	2.90	5.39	1.105
6	4.25	1	4	1.04	2.50	4.42	1.274
7	3.88	2	5	1.43	3.20	5.55	1.170
8	3.63	3	6	1.87	3.98	6.78	1.117
9	3.58	2	6	1.72	3.56	5.82	1.248
10	3.21	3	7	2.15	4.27	6.91	1.173
11	3.09	4	8	2.62	5.02	8.10	1.124
12	2.85	4	9	2.90	5.33	8.26	1.167
13	2.50	5	11	3.68	6.40	9.56	1.166
14	2.44	5	12	4.00	6.73	9.77	1.215
15	2.32	5	13	4.35	7.06	10.08	1.271
16	2.22	5	14	4.70	7.52	10.45	1.331
17	2.12	5	16	5.39	8.40	11.41	1.452

Tabel 8.3 Tabel Grubbs II : Nilai untuk membangun rencana sampling ganda dimana $n_1=2n_2$ ($\alpha = 0.05, \beta = 0.10$)

Plan	$R = p_2/p_1$	Acceptance Numbers		Approximate Values of n_{1p}			Approximate ASN n_1 for $P_a = .95$
		c_1	c_2	$P_a = .95$	$P_a = .50$	$P_a = .10$	
1	14.50	0	1	0.16	0.84		
2	8.07	0	2	0.30	1.07	2.32	1.273
3	6.48	1	3	0.60	1.80	2.42	1.511
4	5.39	0	3	0.49	1.35	3.89	1.238
5	5.09	1	4	0.77	1.97	2.64	1.771
6	4.31	0	4	0.68	1.64	3.92	1.359
7	4.19	1	5	0.96	2.18	2.93	1.985
8	3.60	1	6	1.16	2.44	4.02	1.498
9	3.26	2	8	1.68	3.28	4.17	1.646
10	2.96	3	10	2.27	4.13	5.47	1.476
11	2.77	3	11	2.46	4.36	6.72	1.388
12	2.62	4	13	3.07	5.21	6.82	1.468
13	2.46	4	14	3.29	5.40	8.05	1.394
14	2.21	3	15	3.41	5.40	8.11	1.472
15	1.97	4	20	4.75	7.02	7.55	1.888
16	1.74	6	30	7.65	10.31	9.35	2.029
						12.96	2.250

Contoh

Tentukan rencana sampling ganda untuk lot dengan ukuran 2500 dimana diharapkan untuk menolak batch yang memiliki 1.2% bagian tak sesuai tidak lebih dari 5% kali pemeriksaan, sementara batch yang memiliki 7.5% bagian tak sesuai diterima kira-kira 10% kali pemeriksaan. Ukuran sampel sama dan resiko produsen harus dipenuhi.

Penyelesaian :

Diketahui bahwa $N = 2500$, $\alpha = 0.05$, $p_1 = AQL = 0.012$, $\beta = 0.10$ dan $p_2 = LQL = 0.075$ dan $n_1 = n_2$. Rasio p_1/p_2

$$R = \frac{p_1}{p_2} = \frac{LQL}{AQL} = \frac{0.075}{0.012} = 6.25$$

Untuk $R = 6.25$, nilai yang lebih mendekati pada tabel 7.2 adalah $R = 6.79$ untuk plan 3. dengan jumlah penerimaan $c_1 = 0$ dan $c_2 = 2$. Jika resiko produsen ($\alpha = 0.05$) harus dipenuhi, $P_a = 1 - 0.05 = 0.95$ untuk $p_1 = 0.012$.

Dari tabel 7.2, gunakan $P_a = 0.95$, nilai n_{1p} adalah 0.43. Ukuran untuk sampel pertama adalah

$$n_1 = \frac{0.43}{0.012} = 35.83 \approx 36$$

Karena ukuran sampel diasumsikan sama, maka $n_1 = n_2 = 36$, sehingga rencana samplingnya adalah $n_1 = 36$, $c_1 = 0$, $n_2 = 36$, $c_2 = 2$. Kedua nilai r_1 dan r_2 diasumsikan sama dengan 3.

8.3 SAMPLING VARIABEL

Variabel adalah karakteristik yang diukur dengan skala numerik, seperti berat, tekanan, kekentalan, kekuatan regang, elastisitas, tahanan, dan lain-lain. Rencana sampling variabel membutuhkan ukuran sampel yang lebih sedikit daripada rencana sampling atribut untuk tingkat perlindungan yang sama.

Ada dua tipe rencana sampling variabel, yaitu yang pertama berhubungan dengan pengendalian parameter proses seperti rata-rata dan standar deviasi. Rencana sampling ini dapat dibuat untuk batas spesifikasi tunggal atau ganda dan standar deviasi proses yang diketahui atau tidak diketahui. Beberapa rencana sampling pada kategori ini melibatkan grafik kendali penerimaan, rencana sampling berurutan (*sequential*) untuk variabel dan pengujian hipotesa untuk parameter proses.

Tipe yang kedua berhubungan dengan pengendalian proporsi produk yang tidak sesuai (yaitu yang tidak memenuhi spesifikasi). Rencana sampling bisa digunakan untuk batas spesifikasi tunggal atau ganda dan variabilitas proses yang diketahui atau tidak diketahui. Rencana sampling ini meliputi ANSI/ASQC Z1.9 dan MIL-STD-414.

8.3.1 KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN RENCANA SAMPLING VARIABEL

Keuntungan rencana sampling variabel yaitu

1. Kurva karakteristik operasi yang sama dapat diperoleh dengan ukuran sampel yang lebih kecil daripada yang diperlukan oleh rencana sampling sifat. Jadi, rencana sampling variabel mempunyai perlindungan yang sama seperti rencana sampling atribut dengan menggunakan sampel yang lebih kecil.
2. Data pengukuran biasanya memberikan informasi yang lebih tentang proses produksi daripada data atribut. Secara umum, pengukuran karakteristik kualitas secara numerik lebih berguna dari sekedar klasifikasi benda sebagai cacat atau tidak cacat.

3. Rencana sampling variabel dapat memberikan tanda mengenai area-area yang membutuhkan perhatian untuk peningkatan kualitas. Informasi yang diperoleh dari rencana sampling variabel memberikan petunjuk dalam melakukan tindakan perbaikan untuk meningkatkan kualitas proses. Jika tujuan suatu organisasi adalah untuk perbaikan proses secara berkelanjutan maka rencana sampling variabel dapat membantu untuk mencapainya.

Kerugian rencana sampling variabel yaitu

1. Distribusi karakteristik kualitas harus diketahui. Sebagian besar rencana sampling variabel yang standar menganggap bahwa distribusi karakteristik kualitas adalah normal. Jika distribusi karakteristik tidak normal, dan digunakan perencanaan berdasarkan anggapan normal maka mungkin akan mengalami penyimpangan yang serius dari resiko yang dinyatakan akan menerima atau menolak proses produksi dengan kualitas tertentu.
2. Untuk tiap karakteristik kualitas yang diperiksa harus digunakan rencana sampling yang terpisah.
3. Biaya administrasi dan pemeriksaan biasanya lebih besar daripada untuk rencana sampling atribut. Hal ini dikarenakan peralatan pengukuran yang digunakan mahal.

8.3.2 RENCANA SAMPLING VARIABEL UNTUK PARAMETER PROSES

Rencana sampling variabel untuk parameter proses digunakan baik untuk kualitas rata-rata dari proses atau produk maupun untuk variabilitas kualitas. Ada rencana sampling yang digunakan pada proses yang standar deviasinya diketahui maupun tidak diketahui. Untuk rencana sampling ini distribusi karakteristik kualitasnya harus normal.

Estimasi Rata-Rata Proses-Batas Spesifikasi Tunggal dan Standar Deviasi Proses Diketahui

Dua parameter yang digunakan dalam rencana sampling ini adalah ukuran sampel n dan batas penerimaan \bar{X}_a . Misalkan jika batas spesifikasi bawah ditentukan

maka jika nilai rata-rata sampel kurang dari batas penerimaan \bar{X}_a maka lot ditolak, dan jika sebaliknya maka lot diterima. Tetapi jika batas spesifikasi atas yang ditentukan, maka lot akan ditolak jika nilai rata-rata sampel lebih besar daripada batas penerimaan yang bersangkutan. Standar deviasi proses σ diketahui.

Ukuran sampel yang harus diambil pada rencana sampling ini adalah sebesar

$$n = \left[\frac{(Z_\beta - Z_\alpha)\sigma}{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} \right]^2$$

Dimana Z_β adalah nilai normal standar yang berhubungan dengan daerah β . β adalah peluang penerimaan batch yang memiliki rata-rata kualitas yang jelek, yang ditunjukkan dengan \bar{X}_2 .

$$Z_\beta = \frac{\bar{X}_a - \bar{X}_2}{\sigma / n}$$

Sedangkan Z_α adalah nilai normal standar yang berhubungan dengan daerah α . Batch yang memiliki rata-rata kualitas bagus ditunjukkan dengan \bar{X}_1 dan peluang untuk menerimanya adalah sebesar $(1 - \alpha)$.

$$Z_\alpha = \frac{\bar{X}_a - \bar{X}_1}{\sigma / n}$$

Nilai batas penerimaan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\bar{X}_a = \frac{Z_\beta \bar{X}_1 - Z_\alpha \bar{X}_2}{Z_\beta - Z_\alpha}$$

Estimasi Rata-Rata Proses-Batas Spesifikasi Ganda dan Standar Deviasi Proses Diketahui

Tingkat kualitas yang jelek untuk rata-rata proses dinyatakan oleh dua nilai yaitu \bar{X}_{2L} dan \bar{X}_{2U} dan yang berhubungan dengan resiko konsumen yang dinyatakan dengan β . Untuk tingkat kualitas yang bagus dinyatakan dengan \bar{X}_1 dan resiko produsen dinyatakan dengan α . Ada dua batas penerimaan yaitu batas bawah, \bar{X}_{La} dan batas atas, \bar{X}_{Ua} . Estándar deviasi proses dinyatakan dengan σ dan ukuran sampel n . Nilai \bar{X}_1 adalah nilai tengah antara \bar{X}_{La} dan \bar{X}_{Ua} .

$$Z_{\alpha/2} = \frac{\overline{X_{Ua}} - \overline{X_1}}{\sigma / \sqrt{n}}$$

$$-Z_{\alpha/2} = \frac{\overline{X_{La}} - \overline{X_1}}{\sigma / \sqrt{n}}$$

$$Z_{\beta} = \frac{\overline{X_{La}} - \overline{X_{2L}}}{\sigma / \sqrt{n}}$$

$$-Z_{\beta} = \frac{\overline{X_{Ua}} - \overline{X_{2U}}}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Dari persamaan diatas ada tiga parameter yang belum diketahui, yaitu $\overline{X_{La}}$, $\overline{X_{Ua}}$ dan n . Salah satu dari persamaan di atas dapat dieliminasi sehingga parameter rencana sampling yang tidak diketahui dapat diselesaikan.

Estimasi Rata-Rata Proses-Batas Spesifikasi Tunggal dan Standar Deviasi Proses Tidak Diketahui

Jika diasumsikan bahwa distribusi karakteristik normal, maka variansi sampel s^2 untuk sampel ukuran n adalah

$$s^2 = \frac{\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 / n}{n-1}$$

Dimana X_i adalah nilai karakteristik kualitas untuk itek ke- i dalam sampel. Distribusi sampling dari $(\overline{X} - \overline{X_1}) / (s / \sqrt{n})$ didekati dengan distribusi t dengan derajat kebebasan $(n-1)$.

Neyman dan Tobarska (1936) membuat kurva OC untuk rencana sampling dengan batas spesifikasi tunggal berdasarkan statistik- t untuk resiko produsen α sebesar 0.05. Absis dari kurva tersebut menggambarkan parameter λ yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{|\overline{X_1} - \overline{X_2}|}{\sigma}$$

Jika peluang penerimaan lot, P_a dibuat sama dengan β maka ukuran sampel dapat ditemukan dari gambar kurva OC untuk rencana sampling dengan batas spesifikasi tunggal dengan standar deviasi proses tidak diketahui untuk $\alpha=0.05$

Ketika ukuran sampel telah ditentukan, maka nilai t dapat dihitung sebagai berikut :

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{X}_1}{s / \sqrt{n}}$$

Dimana \bar{X} dan s merupakan rata-rata dan standar deviasi sampel. Jika batas spesifikasi bawah telah ditentukan, maka lot akan ditolak jika nilai t hitung $< t_{\alpha, n-1}$ dimana

$t_{\alpha, n-1}$ adalah titik persentil 100α dari distribusi t dengan derajat kebebasan $(n-1)$. Jika batas spesifikasi atas telah ditentukan, maka lot akan ditolak jika nilai t hitung $> t_{\alpha, n-1}$.

Contoh :

Suatu perusahaan minuman ringan memiliki batas spesifikasi bawah 3.00 liter (L). Botol dengan rata-rata berisi 3.08 L atau lebih diterima 95% kali pemeriksaan. Botol yang rata-rata berisi 2.97 L atau kurang diterima 10% kali pemeriksaan. Standar Deviasi isi botol tidak diketahui. Namun manajemen merasa bahwa estimasi yang mungkin adalah sebesar 0.2 L. Tentukan rencana sampling variabel.

Penyelesaian :

Diketahui $\bar{X}_1 = 3.08$, $\alpha = 0.05$, $\bar{X}_2 = 2.97$, $\beta = 0.10$, $\hat{\sigma} = 0.2$

$$\lambda = \frac{|3.08 - 2.97|}{0.2} = 0.55$$

Dari gambar kurva OC untuk rencana sampling dengan batas spesifikasi tunggal ketika standar deviasi tidak diketahui untuk $\alpha = 0.05$, $\lambda = 0.55$ dan peluang penerimaan 0.10, ukuran sampelnya mendekati 30. Dari tabel distribusi t , area di bawah $\alpha = 0.05$ dan derajat kebebasan 29 adalah -0.1699

Rencana sampling dijalankan sebagai berikut : sampel acak 30 botol diambil dari lot, dengan rata-rata sampel \bar{X} dan standar deviasi sampel s dihitung. Kemudian menghitung nilai t .

$$t = \frac{\bar{X} - 3.08}{s / \sqrt{30}}$$

Jika $t < -1.699$ maka lot ditolak, jika sebaliknya maka lot diterima.

8.3.3 RENCANA SAMPLING VARIABEL UNTUK MENGESTIMASI PROPORSI BAGIAN TAK SESUAI LOT

Jika diasumsikan bahwa karakteristik kualitas berdistribusi normal dengan standar deviasi diketahui, σ maka dapat dibuat suatu hubungan antara rata-rata sampel \bar{X} , standar deviasi proses σ dan persen bagian tak sesuai lot. Jika batas spesifikasi bawah L diketahui maka nilai deviasi normal standar dapat dihitung seperti berikut :

$$Z_L = \frac{\bar{X} - L}{\sigma}$$

Dan jika batas spesifikasi atas U yang diketahui maka nilai deviasi normal standar dapat dihitung seperti berikut :

$$Z_U = \frac{U - \bar{X}}{\sigma}$$

Menurut Duncan (1986) ada 2 metode yang biasa digunakan untuk mengestimasi proporsi bagian tak sesuai lot yaitu *form 1* (Metode k) dan *form 2* (Metode M). Pada *form 1*, deviasi normal standar, Z_L atau Z_U dibandingkan dengan nilai kritis k . Jika Z_L atau Z_U lebih besar atau sama dengan nilai k maka lot diterima dan jika sebaliknya maka lot ditolak.

Sedangkan pada *form 2*, persentase bagian tak sesuai lot diestimasi dengan mula-mula mengubah nilai Z_L dan Z_U untuk mendapatkan nilai Q_L dan Q_U yang tidak bias dan memiliki variansi minimum. Jika nilai batas spesifikasi bawah L telah ditentukan maka nilai Q_L diperoleh dari :

$$Q_L = \frac{\bar{X} - L}{\sigma} \sqrt{\frac{n}{n-1}} = Z_L \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

Jika nilai batas spesifikasi atas U telah ditentukan maka nilai Q_U diperoleh dari :

$$Q_U = \frac{U - \bar{X}}{\sigma} \sqrt{\frac{n}{n-1}} = Z_U \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

Estimasi persentase bagian tak sesuai lot \hat{p} diperoleh dengan menemukan bagian dari area di bawah distribusi normal standar yang jatuh diluar Q_L atau Q_U . Jika \hat{p} lebih besar daripada nilai persentase bagian tak sesuai maksimum yang diijinkan M , maka lot ditolak, dan jika sebaliknya maka lot diterima.

Asal Mula Rencana Sampling dengan Batas Spesifikasi Tunggal dan Estándar Deviasi Proses Diketahui

Untuk menentukan ukuran sampel dapat dihitung dari persamaan:

$$n = \left(\frac{Z_\alpha + Z_\beta}{Z_1 - Z_2} \right)^2$$

dan nilai k dapat ditentukan dari persamaan

$$k = Z_1 - \frac{Z_\alpha}{\sqrt{n}}$$

$$k = Z_2 - \frac{Z_\beta}{\sqrt{n}}$$

Dimana nilai Z_1 adalah

$$Z_1 = \frac{\mu_1 - L}{\sigma} \text{ dimana area yang berada diluar } Z_1 \text{ adalah } p_1.$$

Sedangkan nilai Z_2 adalah

$$Z_2 = \frac{\mu_2 - L}{\sigma} \text{ dimana area yang berada diluar } Z_2 \text{ adalah } p_2.$$

Prosedur untuk *form 1* adalah sebagai berikut :

1. Menentukan ukuran sampel acak n
2. Menentukan nilai rata-rata sampel \bar{X}
3. Menghitung nilai Z_L berdasarkan nilai L yang telah ditentukan
4. Menghitung nilai k
5. Jika nilai $Z_L \geq k$, maka lot diterima dan jika sebaliknya maka lot ditolak.

Untuk batas spesifikasi atas langkah-langkahnya sama seperti di atas, lot akan diterima jika $Z_U \geq k$ dan sebaliknya maka lot ditolak.

Prosedur untuk *form 2* adalah sebagai berikut :

1. Prosedur 2 digunakan jika batas spesifikasi bawah telah ditentukan L dan ukuran sampel n telah dipilih.
2. Menghitung nilai rata-rata sampel \bar{X} .
3. Menghitung nilai Q_L dan nilai \hat{p} diperoleh dari tabel distribusi normal.
4. Menghitung nilai persentase bagian tak sesuai maksimum yang diijinkan, M yang diperoleh dari tabel distribusi normal dengan menentukan area yang berada diluar nilai normal estándar dari $k\sqrt{n/(n-1)}$ atau rata-rata dari kedua nilai tersebut.
5. Jika $\hat{p} \leq M$ maka lot diterima dan jika sebaliknya maka lot ditolak.

Untuk batas spesifikasi atas langkah-langkahnya sama seperti di atas.

8.3.4 RENCANA STANDAR-ANSI/ASQC Z1.9 DAN MIL-STD-414

Standar MILITER 414 (MIL-STD-414) adalah rencana sampling lot per lot untuk variabel. Versi internasional dari ANSI/ASQC Z1.9 adalah ISO 3951. Namun kedua standar ini memiliki 3 perbedaan yang utama yaitu kata-kata bagain tak sesuai akan diganti dengan cacat dalam ANSI/ASQC Z1.9, ANSI/ASQC Z1.9 meliputi prosedur pilihan untuk mengganti pemeriksaan normal ke pemeriksaan longgar tanpa memuaskan kriteria jumlah batas, ANSI/ASQC Z1.9 menekankan aspek rencana sampling.

ANSI/ASQC Z1.9 adalah rencana sampling berdasarkan AQL dimana diasumsikan bahwa karakteristik kualitas memiliki distribusi normal. Ada tiga tipe pemeriksaan yaitu normal, ketat dan longgar. Tipe pemeriksaan ini ditentukan oleh sejarah kualitas produk yang terbaru. Level pemeriksaan yang digunakan secara umum juga ada tiga yaitu Level I, II dan III dan dua level khusus yaitu S-3 dan S-4. Pemilihan level pemeriksaan ini ditentukan oleh beberapa faktor seperti biaya pemerikasaan unit dan tingkat perbedaan yang diharapkan antara penerimaan dan penolakan produk.

Pemeriksaan level I digunakan ketika perbedaan yang kecil dapat ditoleransi dan ukuran sampel kecil. Level III digunakan ketika perbedaan yang lebih besar diperlukan dan ukuran sampel besar. Level II digunakan untuk diperlukan spesifikasi lain.

Untuk rencana sampling ANSI/ASQC Z1.9 dapat digunakan batas spesifikasi tunggal maupun ganda. Ada dua metode yang digunakan untuk membuat keputusan, yaitu Form 1 atau form 2. Untuk batas spesifikasi ganda hanya form 2 yang digunakan. Form 1 menggunakan nilai kritis untuk *standardized distance* yang dinyatakan dalam bentuk standar deviasi antara rata-rata proses dan batas spesifikasi yang ditentukan. Jika *standardized distance* lebih besar atau sama dengan k , dimana k adalah nilai standar yang ditabelkan dalam ANSI/ASQC Z1.9 maka lot diterima. Form 2 sebaliknya, menggunakan estimasi persentase bagian tak sesuai yang jatuh diluar spesifikasi. Jika estimasi kurang dari atau sama dengan M dimana M adalah nilai standar yang ditabelkan dalam rencana maka lot diterima.

Variabilitas tidak diketahui- Metode Standar Deviasi

Batas Spesifikasi Tunggal – Form 1

Prosedur Form 1 untuk batas spesifikasi tunggal adalah sebagai berikut :

Menentukan nilai AQL menggunakan tabel 10.33 (buku Amitava Mitra) dan menentukan kode huruf ukuran sampel dengan menggunakan tabel 10.34 (buku Amitava Mitra).

Menentukan ukuran sampel n dan konstanta kemampuan penerimaan k dengan menggunakan tabel 10.35 buku Amitava Mitra (untuk pemeriksaan normal atau ketat) atau tabel 10.36 (untuk pemeriksaan longgar)

Memilih sampel secara acak dengan ukuran n dari lot dan menghitung rata-ran sampel \bar{X} serta standar deviasi sampel s .

Menghitung deviasi normal standar $Z_L = \frac{\bar{X} - L}{\sigma}$ atau $Z_U = \frac{U - \bar{X}}{\sigma}$ tergantung dari

apakah batas spesifikasi bawah L atau batas spesifikasi atas U yang ditentukan.

Bandingkan nilai Z_L atau Z_U dengan konstanta kemampuan penerimaan k .

Jika Z_L atau Z_U lebih besar atau sama dengan k maka lot diterima dan jika sebaliknya maka lot ditolak.

Batas Spesifikasi Tunggal – Form 2

Prosedur Form 2 untuk batas spesifikasi tunggal adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai AQL menggunakan tabel 10.33 (buku Amitava Mitra) dan menentukan kode huruf ukuran sampel dengan menggunakan tabel 10.34 (buku Amitava Mitra).
2. Menentukan ukuran sampel n dan persentase bagian tak sesuai maksimum yang diijinkan M dengan menggunakan tabel 10.37 buku Amitava Mitra (untuk pemeriksaan normal atau ketat) atau tabel 10.38 (untuk pemeriksaan longgar)
3. Memilih sampel secara acak dengan ukuran n dari lot dan menghitung rata-rata sampel \bar{X} serta standar deviasi sampel s .
4. Menghitung indek kualitas $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{\sigma}$ atau $Q_U = \frac{U - \bar{X}}{\sigma}$ berdasarkan apakah batas spesifikasi bawah L atau batas spesifikasi atas U yang ditentukan.
5. Mencari estimasi persentase bagian tak sesuai lot \hat{p}_L atau \hat{p}_U kurang dari atau sama dengan nilai M maka lot diterima, jika sebaliknya maka lot ditolak.

Batas Spesifikasi Ganda dengan satu nilai AQL untuk kedua batas

Untuk spesifikasi ganda hanya form 2 yang digunakan untuk membuat keputusan.

Prosedur :

1. Menentukan nilai AQL menggunakan tabel 10.33 (buku Amitava Mitra) dan menentukan kode huruf ukuran sampel dengan menggunakan tabel 10.34 (buku Amitava Mitra).
2. Menentukan ukuran sampel n dan persentase bagian tak sesuai maksimum yang diijinkan M dengan menggunakan tabel 10.37 buku Amitava Mitra (untuk pemeriksaan normal atau ketat) atau tabel 10.38 buku Amitava Mitra (untuk pemeriksaan longgar)

3. Memilih sampel secara acak dengan ukuran n dari lot dan menghitung rata-rata sampel \bar{X} serta standar deviasi sampel s .
4. Menghitung indeks kualitas $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{\sigma}$ atau $Q_U = \frac{U - \bar{X}}{\sigma}$ berdasarkan apakah batas spesifikasi bawah L atau batas spesifikasi atas U yang ditentukan.
5. Mencari estimasi persentase bagian tak sesuai lot \hat{p}_L atau \hat{p}_U kurang dari atau sama dengan nilai M maka lot diterima, jika sebaliknya maka lot ditolak.
6. Menghitung total estimasi persentase bagian tak sesuai yang berada di luar batas spesifikasi yaitu $\hat{p} = \hat{p}_L + \hat{p}_U$.

Jika nilai \hat{p} kurang dari atau sama dengan M , maka lot diterima. Jika \hat{p} lebih besar dari M atau jika Q_L, Q_U atau keduanya negatif maka lot ditolak.

Batas Spesifikasi Ganda dengan nilai AQL yang berbeda untuk kedua batas

Menentukan nilai AQL menggunakan tabel 10.33 (buku Amitava Mitra) dan menentukan kode huruf ukuran sampel dengan menggunakan tabel 10.34 (buku Amitava Mitra).

Menentukan ukuran sampel n dan nilai persentase bagian tak sesuai maksimum yang diijinkan M_U dan M_L yang berhubungan dengan nilai AQL dengan menggunakan tabel 10.37 buku Amitava Mitra (untuk pemeriksaan normal atau ketat) atau tabel 10.38 buku Amitava Mitra (untuk pemeriksaan longgar)

Memilih sampel secara acak dengan ukuran n dari lot dan menghitung rata-rata sampel \bar{X} serta standar deviasi sampel s .

Menghitung indeks kualitas $Q_L = \frac{\bar{X} - L}{\sigma}$ atau $Q_U = \frac{U - \bar{X}}{\sigma}$

Mengestimasi persentase bagian tak sesuai lot bawah L (\hat{p}_L) dan atas U (\hat{p}_U) dengan menggunakan tabel 10.39 (buku Amitava Mitra).

Menghitung kombinasi persentase bagian tak sesuai $\hat{p} = \hat{p}_L + \hat{p}_U$

Jika $\hat{p}_U \leq M_U$, $\hat{p}_L \leq M_L$ dan \hat{p} kurang dari sama dengan M_U dan M_L yang lebih besar maka lot diterima, jika sebaliknya maka lot ditolak. jika Q_L , Q_U atau keduanya negatif maka lot ditolak.

SOAL

1. Tentukan rencana sampling tunggal dengan $p_1 = 0.05$, $\alpha = 0.05$, $p_2 = 0.15$ dan $\beta = 0.10$

Jawab : $n = 80$, $c = 7$

2. Suatu perusahaan menggunakan prosedur sampling penerimaan berikut. Suatu sampel yang merupakan 10% dari lot diambil. Jika 12% atau kurang item pada sampel cacat, maka lot diterima, selain itu ditolak. Jika ukuran lot ditambahkan dengan ukuran bervariasi dari 5000 unit hingga 10.000 unit, apa yang dapat dikatakan mengenai perlindungan pada rencana sampling tersebut? Jika LTPD yang diinginkan 0.05, apakah rencana sampling ini dapat memberikan perlindungan pada konsumen?

Jawab : Ukuran sampel yang berbeda dapat memberikan tingkat perlindungan yang berbeda. Konsumen dilindungi dari LTPD = 0.05 dengan $P_a \{N = 5000\} = 0.00046$ atau $P_a \{N = 10.000\} = 0.00000$, tetapi menggunakan peluang penolakan lot yang diterima (seperti untuk $p = 0.025$, $P_a \{N = 5000\} = 0.249$ sementara $P_a \{N = 10.000\} = 0.182$

3. Suatu vendor mengirimkan komponen dalam lot dengan ukuran 5000. Suatu rencana sampling tunggal dengan $n = 50$ dan $c = 2$ digunakan untuk melakukan pemeriksaan kedatangan. Lot yang ditolak disaring dan semua item yang cacat dirework dan dikembalikan ke lot.
 - a. Gambarkan kurva OC untuk rencana sampling ini.
 - b. Tentukan tingkat kualitas lot yang akan ditolak 90% kali pemeriksaan
 - c. Manajemen keberatan dengan penggunaan prosedur sampling di atas dan ingin menggunakan perencanaan dengan bilangan penerimaan $c = 0$, dengan alasan ini lebih konsisten dengan program cacat-nol mereka. Apakah pendapat anda tentang hal ini.

- d. Rancanglah perencanaan sampling tunggal dengan $c = 0$ yang akan memberikan probabilitas 0.90 akan menolak kotak yang mempunyai tingkat kualitas yang didapatkan dalam bagian (b). Perhatikan bahwa kedua perencanaan itu sekarang bertemu pada titik PCTK. Gambarkan kurva KO untuk perencanaan ini dan bandingkan dengan kurva KO untuk $n = 50$, $c = 2$ dalam bagian (a).
- e. Andaikan bahwa kotak yang masuk 0.5% tak sesuai. Berapakah probabilitas akan menolak kotak ini dengan kedua perencanaan? Hitunglah BPR pada titik ini bagi perencanaan. Perencanaan mana yang lebih anda senangi? Mengapa?

Jawab : (a) dua titik pada kurva OC adalah $P_a\{p = 0.016\} = 0.95397$ dan $P_a\{p = 0.105\} = 0.09255$

(b) $p = 0.103$

(d) $n = 20$, $c = 0$. Kurva OC nya lebih landai

(e) Untuk $c = 2$, $Pr(\text{tolak}) = 0.00206$, $ATI = 60$. Untuk $c = 0$, $Pr(\text{tolak}) = 0.09539$, $ATI = 495$.

4. Pada rencana sampling ganda diberikan parameter-parameter berikut : $N = 2200$, $n_1 = 60$, $c_1 = 0$, $r_1 = 5$, $n_2 = 100$, $c_2 = 6$, $r_2 = 7$. Tentukan probabilitas penerimaan lot dengan 3% bagian tak sesuai. Berapa peluang pnerimaan lot pada sampel pertama? Berapa peluang untuk membuat keputusan pada sampel yang pertama?
5. Suatu rencana sampling menginginkan untuk memnuhi resiko produsen 0.05 pada $AQL = 0.9\%$ dan resiko konsumen 0.10 pada $LQL = 6.5\%$ bagian tak sesuai. Tentukan rencana sampling tunggal yang memenuhi resiko konsumen dan mendekati resiko produsen.

Daftar Pustaka

- a. Amitava Mitra, Fundamentals of Quality Qontrol and Improvement, Macmilan Publishing Company, 1993
- b. Douglas C. Mongometry., Introduction to Statistical Quality Control”, John Willey ang Sons Inc, 1985
- c. Eugene L. Grant, Richard S. Leavenworth, Statistical Quality Control, McGraw Hill, Inc, 1988

BAB IX

PERBAIKAN

KUALITAS

BERKELANJUTAN

Tujuan Instruksional Khusus :

1. Mahasiswa dapat menjelaskan konsep perbaikan kualitas berkelanjutan

9.1 Pengertian Manajemen Kualitas

9.1.1 Total Quality Management

Seperti halnya dengan kualitas, definisi TQM juga ada bermacam-macam. Pada dasarnya Manajemen Mutu (*Quality Management*) atau Manajemen Kualitas Terpadu (*Total Quality Management*) didefinisikan sebagai suatu cara meningkatkan performansi secara terus-menerus (*continous performance improvement*) pada setiap level operasi atau proses, dalam setiap area fungsional dari suatu organisasi, dengan menggunakan semua sumber daya dan modal yang tersedia (Gasperz, 2002)

Manajemen kualitas terpadu sebagai suatu filosofi dan sekumpulan petunjuk-prinsip-prinsip yang menjadi landasan untuk perbaikan terus-menerus dari suatu organisasi. Manajemen kualitas terpadu adalah penerapan metode-metode kuantitatif dan sumber daya manusia untuk meningkatkan kualitas material dan pelayanan yang dipasok pada suatu organisasi, semua proses dalam organisasi, dan memenuhi derajat kebutuhan pelanggan baik pada saat sekarang maupun dimasa yang akan datang. Manajemen kualitas terpadu mengintegrasikan teknik-teknik manajemen fundamental, usaha-usaha perbaikan yang ada, dan alat-alat teknikal dibawah suatu disiplin pendekatan berfokus pada perbaikan terus-menerus (Gasperz, 2002)

Deming (Zhihai Zhang ,1997) dalam konsep metode manajemen Deming, dengan teori manajemen kualitas, mengatakan bahwa kepuasan pelanggan dan kelangsungan hidup perusahaan dapat dicapai melalui perbaikan proses, produk, pelayanan, dan juga keseluruhan karyawan secara berkelanjutan. Pada perusahaan manufaktur misalnya, pada pabrik formulasi kimia pestisida persaingan antar industri ini cukup ketat, disamping itu perkembangan akan produk-produk generik yang terus meningkat akan mengancam perkembangan industri pestisida sendiri, dimana memungkinkan terjadinya persaingan dan perebutan pasar oleh kompetitor sangatlah tinggi.

Penerapan sistem kualitas menyeluruh yang baik (TQM) menurut Creech (1995), harus mempunyai empat kriteria,

1. Harus didasarkan pada kesadaran akan kualitas dan berorientasi pada kualitas dalam semua kegiatannya, termasuk dalam semua proses produksi.
2. Harus mempunyai sifat kemanusiaan yang kuat untuk membawa kualitas pada cara karyawan diperlakukan, diikutsertakan dan diberi inspirasi,

3. Harus didasarkan pada pendekatan desentralisasi yang memberikan wewenang pada semua tingkat, terutama digaris depan (karyawan), sehingga antusias keterlibatan dan tujuan bersama menjadi kenyataan.
4. Harus diterapkan secara menyeluruh sehingga semua prinsip, kebijaksanaan dan kebiasaan mencapai setiap sudut dan celah organisasi.

Dengan demikian, peran manajemen, karyawan, sistem yang baik atas kualitas produk sangatlah penting terutama karyawan bagian produksi yang berada digaris depan pada proses produksi.

Joseph Juran (Vincent Gaspersz 1997), menyatakan untuk membangun suatu sistem pengendalian kualitas yang baik yang dapat menjamin terciptanya produk yang berkualitas, beliau memiliki suatu konsep yang dikenal dengan *Trilogi kualitas*, yaitu : Perencanaan Kualitas (*Quality Planning*), Pengendalian Kualitas (*Quality Control*) dan Perbaikan atau Peningkatan Kualitas (*Quality Improvement*).

- Pendekatan perencanaan kualitas (*Quality Planning*) melibatkan beberapa aktifitas :
 - a. Identifikasi dan menentukan kebutuhan pelanggan.
 - b. Penciptaan keistimewaan produk yang memenuhi kebutuhan pelanggan.
 - c. Penciptaan proses yang mampu menghasilkan keistimewaan produk dibawah kondisi operasi.
 - d. Mentransfer proses ke operasi.
- Pendekatan pengendalian kualitas (*Quality Control*) melibatkan beberapa aktivitas :
 - a. Mengevaluasi performance aktual.
 - b. Membandingkan yang aktual dengan sasaran.
 - c. Mengambil tindakan atas perbedaan antara aktual dan sasaran.

Pendelegasian pengendalian pada tingkat paling bawah dalam perusahaan melalui penempatan karyawan keadalam keadaan swakendali. Ia juga mendukung pelatihan karyawan dalam pengumpulan data dan analisis untuk memungkinkan mereka membuat keputusan berdasarkan fakta-fakta.

- Pendekatan terhadap perbaikan kualitas (*Quality Improvement*) mencakup hal-hal berikut :

- a. Penciptaan kesadaran dari kebutuhan dan kesempatan untuk perbaikan/peningkatan.
- b. Pemberian pelatihan tentang bagaimana meningkatkan kualitas.
- c. Melakukan evaluasi terhadap kemajuan atau kemunduran yang terjadi secara periodik.
- d. Pemberian penghargaan dan pengakuan yang efektif.
- e. Mempromosikan dan mempopulerkan hasil-hasil perbaikan kualitas.
- f. Mempertahankan momentum melalui perluasan rencana bisnis yang mencakup sasaran untuk peningkatan kualitas.

Pendekatan-pendekatan diatas dapat dilaksanakan dengan melibatkan semua bagian dalam suatu organisasi, dan dengan kesadaran dan kepedulian yang tinggi akan pentingnya kualitas (*Quality Awareness*), yang berarti kualitas merupakan tanggung jawab semua bagian.

Menurut Dale and Plunket (Zhihai Zhang, 1997) Perkembangan dari manajemen kualitas ditetapkan dalam empat tingkatan:

1. Quality Inspection Stage :

Pada tahap ini manajemen kualitas dimulai dengan sistem inspeksi secara sederhana, dengan sistem tertentu dimana produk diuji, diukur dan di test dengan merujuk kepada spesifikasi yang ditentukan untuk memenuhi derajat kesesuaian (*conformity*). Sistem ini digunakan untuk menilai atau uji terhadap produk dalam proses penerimaan barang dan pengerjaan barang pada proses produksi, dan hal ini dilakukan oleh karyawan yang khusus menangani masalah kualitas ini. Produk yang tidak memenuhi kriteria penerimaan akan dibuang, reject, dikerjakan ulang atau scrap atau dijual dengan harga murah dengan keadaan tersebut. Model dengan sistem inspeksi sederhana ini biasanya dilakukan secara internal saja, dan biasanya departemen kualitas (*QC/QA Department*) yang berperan aktif.

2. Quality Control Stage :

Dibawah sistem *Quality Control* ini, inspeksi produk dan dokumentasi adalah cara untuk meningkatkan pengendalian dan mengurangi produk-produk diluar spesifikasi (*non conformances*). Ciri dari sistem ini adalah adanya data

data / catatan-catatan dan feedback mengenai kinerja setiap dan diawal proses, serta proses inspeksi tersendiri. Dimana proses inspeksi adalah hal yang utama dalam pengendalian suatu produk agar sesuai dengan spesifikasinya. Pengukuran kualitas akan meningkatkan proses pengendalian kualitas dan mengurangi terjadinya kerusakan.

3. Quality Assurance (QA) Stage :

Pada tahap QA ini terdapat perubahan mendasar dari kualitas produk (*Product Quality*) ke sistem kualitas (*Quality System*), pada tahap ini organisasi berperan dalam membuat suatu sistem untuk mengendalikan apa yang telah dilakukan dan sistem tersebut dilakukan audit untuk memastikan apakah sesuai baik dari segi desain maupun penggunaan. Perubahan yang cukup besar dalam tahap ini adalah digunakannya pihak luar untuk menilai dan mengaudit apakah sistem sudah efisien. Ciri khas lain dalam tahap ini adalah digunakannya kualitas manual, prosedur-prosedur, instruksi kerja, perencanaan kualitas (*Quality Planning*) serta audit terhadap kualitas (*Quality Audit*). Perbedaan yang mendasar adalah Quality Assurance (QA) adalah pencegahan (*Prevention Based*) sedangkan Quality Control (QC) adalah inspeksi (*Inspection Based*).

4. Total Quality Management (TQM) Stage :

TQM adalah tingkatan yang tertinggi yang melibatkan semua prinsip-prinsip dalam manajemen kualitas dalam semua aspek bisnis., TQM mengharuskan semua prinsip-prinsip dalam manajemen kualitas diterapkan dalam semua bagian dan setiap level dalam organisasi. Organisasi yang menerapkan TQM dicirikan dengan jelasnya suatu proses quality terhadap, goal, pembagian antar departemen, pelatihan-pelatihan, hubungan dengan pemasok - pelanggan, dan kesadaran bahwa kualitas tidak hanya pada produk saja, melainkan keseluruhan organisasi, termasuk penjualan, keuangan, personalia dan fungsi-fungsi lain diluar proses produksi secara langsung.

9.1.2 Konsep Biaya Kualitas

Biaya Kualitas adalah biaya yang terjadi atau mungkin akan terjadi karena kualitas yang buruk, jadi biaya kualitas adalah biaya yang berhubungan dengan penilaian, pengidentifikasian, perbaikan dan pencegahan kerusakan.

Biaya Kualitas dapat dikelompokkan menjadi empat golongan yaitu :

1. **Biaya Kegagalan Internal** yaitu biaya-biaya yang berhubungan dengan kesalahan dan nonkonformasi yang ditemukan sebelum menyerahkan produk itu ke pelanggan.

Contoh : scrap, rework (pengerjaan ulang), analisis kegagalan, inspeksi ulang dan pengujian ulang, downgrading (selisih harga jual normal dan harga yang dikurangi karena alasan kualitas), biaya kehilangan lain seperti downtime, kelebihan bobot produk karena variabilitas dalam pengukuran, dan lain-lain. (Gasperz, 2002)

2. **Biaya Kegagalan Eksternal** yaitu biaya-biaya yang berhubungan dengan kesalahan dan nonkonformasi yang ditemukan setelah produk itu diserahkan ke pelanggan.

Contoh : biaya jaminan, biaya penyelesaian keluhan (claim), pengembalian produk, penggantian produk, kehilangan inventory produk, penarikan dan pengiriman kembali produk dan biaya-biaya allowances lainnya. (Gasperz, 2002)

3. **Biaya Penilaian** yaitu biaya-biaya yang berhubungan dengan penetapan derajat konformasi terhadap persyaratan kualitas (spesifikasi yang ditetapkan).

Contoh : inspeksi dan pengujian kedatangan material, inspeksi dan pengujian produk dalam proses, inspeksi dan pengujian produk akhir, audit kualitas produk, pemeliharaan akurasi peralatan pengujian (laborat), evaluasi stok dan lain-lain. (Gasperz, 2002)

4. **Biaya Pencegahan** yaitu biaya-biaya yang berhubungan dengan upaya pencegahan kegagalan internal maupun eksternal, sehingga meminimumkan biaya kegagalan internal dan biaya kegagalan eksternal.

Contoh : perencanaan kualitas, pengendalian proses, desain dan operasi sistim kualitas termasuk pula perawatan, evaluasi kualitas pemasok, pelatihan dan lain-lain. (Gasperz, 2002)

Berdasarkan pengukuran terhadap biaya kualitas, pihak manajemen dapat menjadikan ukuran-ukuran itu sebagai petunjuk untuk mengidentifikasi biaya-biaya yang dikeluarkan dalam upaya meningkatkan kualitas produk yang ditawarkan. Jika suatu perusahaan ingin melakukan program perbaikan kualitas, pertama kali perusahaan itu harus mengidentifikasi biaya-biaya yang dikeluarkan pada masing-masing dari keempat kategori biaya kualitas diatas. (Gasperz, 2002).

Program perbaikan dapat dilakukan dengan melalui reduksi biaya yaitu melalui eliminasi pemborosan. Elemen-elemen biaya kegagalan internal dan eksternal dapat dipergunakan untuk memantau secara terus menerus apakah program reduksi biaya telah efektif. Berkaitan dengan hal ini, kita dapat menggunakan suatu alat yang disebut sebagai Jendela Kegagalan (*Failure Grid*).

	Tanpa Kegagalan Eksternal	Dengan Kegagalan Eksternal
Tanpa Kegagalan Internal	OK (tidak ada pemborosan)	\$\$\$\$\$\$\$\$ (ada pemborosan)
Dengan Kegagalan Internal	\$\$\$\$ (ada pemborosan)	\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$ (ada pemborosan)

Gambar 9.1 Jendela Kegagalan

Informasi biaya kualitas dapat memberikan berbagai macam manfaat antara lain dapat digunakan untuk :

- Mengidentifikasi laba, menekan biaya pembelian dan biaya yang berkaitan dengan pemasok
- Mengambil keputusan capital budgeting dan keputusan investasi lainnya
- Mengidentifikasi pemborosan dalam aktifitas yang tidak dikendaki pelanggan.
- Dijadikan sebagai ukuran penilaian kinerja yang objektif.
- Dijadikan sebagai alat manajemen strategik untuk mengalokasikan sumber daya dalam perumusan dan pelaksanaan kebijakan strategi.

Kualitas dapat diukur berdasarkan biayanya, perusahaan menginginkan agar biaya kualitas turun namun mampu menghasilkan output kualitas yang meningkat (Gasperz,

2002). Oleh karena itu konsep biaya kualitas dapat digunakan pula sebagai indikator keberhasilan suatu program perbaikan kualitas.

Terdapat beberapa perbandingan rasio biaya kualitas dengan ukuran-ukuran lain seperti,

- Biaya kualitas total yang dibandingkan dengan nilai penjualan (persentase biaya kualitas total terhadap nilai penjualan), semakin rendah nilai ini menunjukkan program perbaikan semakin sukses.
- Biaya kualitas total dibandingkan terhadap keuntungan, semakin rendah nilai ini menunjukkan program perbaikan semakin sukses.
- Biaya kualitas total dibandingkan dengan harga pokok penjualan, semakin rendah nilai ini semakin sukses program perbaikan kualitas.

Pengendalian kualitas sendiri dikatakan efektif dan efisien apabila biaya total kegagalan internal dan eksternal terus menurun, sehingga biaya kualitas total juga akan terus menurun. Dalam indikator rasio, kemajuan pengendalian kualitas perusahaan akan tampak melalui :

1. Rasio kualitas total terhadap harga pokok penjualan yang terus menerus semakin kecil.
2. Rasio biaya kualitas total terhadap penjualan total yang terus menerus semakin kecil.

Adanya komitmen manajemen yang tinggi secara simultan akan mengurangi pemborosan, sehingga akan menurunkan biaya kualitas total. Disamping itu komitmen manajemen untuk meningkatkan kepuasan pelanggan secara terus menerus akan meningkatkan penerimaan total melalui loyalitas pelanggan terhadap produk. Pada akhirnya dengan adanya selisih yang besar antara penerimaan total dan biaya total akan menambah keuntungan bagi perusahaan.

9.2 Konsep Manajemen Mutu Integratif (IQM)

9.2.1 Komitmen Manajemen

"The European Quality Award and Malcolm Baldrige Quality Award recognise" menempatkan Top Manajemen Leadership dalam penentuan tujuan utama (Goal) perusahaan, serta desain suatu sistem adalah hal yang sangat krusial. Dasar dari pada

TQM yang efektif adalah komitmen. Lemahnya komitmen dari Top Manajemen adalah salah satu alasan akan gagalnya TQM. Garvin 1986 (Zhihai Zhang, 2000) melaporkan bahwa kinerja kualitas yang baik selalu diikuti oleh baiknya komitmen Top Manajemen terhadap tujuan yang hendak dicapai. Hasil produk yang berkualitas tinggi tidak akan kelihatan tanpa komitmen yang kuat dari manajemen.. Peranan tersebut menjadi kunci utama akan perbaikan kualitas. Top Manajemen seharusnya terjun langsung secara aktif dalam manajemen kualitas serta sepenuhnya mendorong karyawan untuk ikut serta berperan dalam manajemen kualitas dan perbaikan proses. Dengan kata lain mereka harus mempelajari semua faktor yang berhubungan dengan masalah kualitas, konsep-konsep kualitas, kemudian diimplementasikan dan diterangkan kepada karyawan, melalui training-training atau pendidikan.

Permasalahan kualitas dan peningkatan kualitas juga harus sering didiskusikan dalam rapat-rapat di level Top Manajemen. Top Manajemen harus berpikir jangka panjang, tidak hanya berpikir akan output saja tetapi difokuskan pada kualitas produk itu sendiri. Dennis W. Krumwiede mengatakan bahwa : Top Manajemen berperan sebagai “Key of Role” dalam menetapkan dan memelihara kebijakan / arah dan strategi perusahaan, oleh karena itu sikap dan perannya menjadi sangat krusial dalam pelaksanaan Manajemen Kualitas.

9.2.2 Jaminan Mutu Bahan Baku

Mutu bahan baku erat kaitannya dengan manajemen mutu. Bahan baku sebagai salah satu faktor produksi menjadi elemen dasar untuk pencapaian mutu produk yang tinggi. Bahan baku tidak terlepas pemasok, sehingga manajemen kualitas pemasok merupakan aspek penting TQM dari bahan baku (material) dan komponen-komponen yang dibeli sering menjadi sumber utama permasalahan kualitas produk. Kualitas pemasok yang jelek akan menghasilkan produk dengan kualitas rendah dan akan berpengaruh terhadap nilai biaya. Apabila suatu perusahaan ingin melakukan manajemen kualitas pemasok dengan baik, mereka harus menjalin hubungan kerjasama jangka panjang dengan pemasok mereka, selalu berpartisipasi dalam kegiatan kualitas pemasok, memberikan umpan balik bagi performansi produk-produk dari pemasok,

memiliki informasi detail mengenai performansi pemasok dan rutin melakukan evaluasi (audit) kualitas bahan baku dan pemasok (Zhihai-Zhang, 1999).

Sistem pengendalian bahan baku yang ada harus sesuai dengan prosedur. Prosedur-prosedur tersebut antara lain, prosedur penerimaan, penyimpanan dan delivery. Inspeksi kedatangan material sangat membantu upaya memberikan jaminan mutu bahan baku. Bahan baku yang berkualitas tinggi akan memiliki kehandalan dan daya tahan yang lama. Penyimpanan yang baik dilakukan berdasarkan prosedur penyimpanan dan penempatan material. Hal ini dilakukan sebagai tindakan pemeliharaan bahan baku sebelum diproses. Kinerja delivery oleh pemasok merupakan salah satu aspek jaminan mutu bahan baku (Ahire, 1996).

Hubungan / kemitraan dengan pemasok ini terus diupayakan untuk menciptakan dan memelihara hubungan yang loyal, saling percaya, dan dapat diandalkan sehingga menguntungkan kedua pihak, meningkatkan penyempurnaan kualitas, produktivitas, dan daya saing secara berkesinambungan. (Fandy Tjiptono, 2000).

9.2.3 Proses Pengendalian dan Evaluasi

Salah satu elemen penting dari manajemen kualitas modern adalah membuat keputusan berdasarkan data atau fakta. Proses sendiri merupakan kombinasi dari mesin-mesin, alat-alat (tools), metode, material, dan pelaku (pekerja) produksi. Manajemen proses terfokus pada pengaturan proses manufaktur sehingga proses terhindar dari breakdown, loss materials, dan kegagalan produk (Zhihai-Zhang, 1999). Proses kendali adalah hal terpenting dalam manajemen kualitas. Pengendalian kualitas merupakan aktifitas teknik dan manajemen, melalui mana kita mengukur karakteristik kualitas dari output (barang/jasa), kemudian membandingkan hasil pengukuran itu dengan spesifikasi output yang diinginkan, serta mengambil tindakan perbaikan yang tepat apabila ditemukan perbedaan antara performansi dengan standar (Vincent Gaspersz, 1998). Elemen dasar dari proses perbaikan dan pengendalian terdiri dari empat tahap (Fandy Tjiptono, 2000), yaitu :

- 1) Penetapan standar untuk pengendalian dan perbaikan, standar dalam manajemen kualitas tidak digunakan sebagai alat penilaian kinerja individu, tetapi digunakan

manajer untuk mengkomunikasikan "Goal" dan menetapkan tujuan yang realistis berdasarkan umpan balik terhadap kinerja atau performance yang ada.

- 2) Pengukuran, pada tahap ini ditetapkan pengukuran yang tepat dan data yang diperlukan untuk penilaian kinerja. Penggunaan SPC banyak digunakan pada tahap ini.
- 3) Studi, Hasil pengukuran yang ada diatas, dianalisis dengan metode tertentu (statistik) dan alat serta teknik lain untuk mengetahui penyebab penyimpangan. Tidak seperti pada pendekatan tradisional yang memprioritaskan pada evaluasi dan mencari orang yang bersalah, pendekatan manajemen kualitas mencari penyebab penyimpangan yang kemudian akan diperbaiki.
- 4) Tindakan. Tahap ini mengandung arti melakukan tindakan koreksi berdasarkan pengetahuan yang diperoleh dari hasil perhitungan dan studi diatas.

Proses evaluasi dalam penerapan suatu manajemen kualitas merupakan dasar penting bagi organisasi untuk meningkatkan kualitas. Proses evaluasi digunakan untuk melihat apakah proses kendali dan perbaikan yang sedang dan telah dilaksanakan sudah sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Data-data yang berhubungan dengan masalah kualitas sebaiknya digunakan sebagai bahan evaluasi untuk melangkah lebih lanjut. Kegiatan evaluasi terdiri atas evaluasi strategi dan kebijakan, audit kualitas, analisis biaya kualitas, evaluasi performansi departemen / fungsional, dan evaluasi kinerja karyawan. Dalam manajemen kualitas, informasi umpan balik (tentang hal-hal yang berhubungan dengan kualitas) merupakan faktor penting dalam pengendalian. Evaluasi bertujuan untuk peningkatan bukan suatu kecaman. Itulah yang disebut evaluasi secara umum (Zhihai-Zhang, 1999).

9.2.4 Pemeliharaan Mesin dan Peralatan Kerja

Mesin merupakan bagian dalam proses yang mengubah input produk dari material dasar hingga dihasilkan produk jadi. Mesin sendiri memiliki peran yang penting dalam performansi keseluruhan sistem manufaktur. Faktor mesin yang digunakan ini terkait erat dengan kondisi mesin, status mesin dalam periode yang spesifik. Kondisi mesin diukur dengan model produktifitas dan indikator sederhana, seperti waktu operasi, waktu perbaikan dan downtime (Azadeh & Ebramipour, 2000).

Performansi dari mesin yang ada di departemen liquid dapat dilihat dari nilai indeks kapabilitas proses (C_p) mesin. Dengan menentukan indeks kapabilitas proses dapat dianalisis sampai sejauh mana proses permesinan mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi pelanggan, yang berarti pula bahwa tingkat kegagalan dari proses semakin berkurang menuju target kegagalan nol. Dengan adanya peningkatan kapabilitas melalui target tertentu maka dapat dihasilkan peningkatan mutu output produk sehingga mampu mengurangi resiko lolos produk diluar spesifikasi (Gasperz, 2002). Maintenance yang dilakukan harus benar-benar cepat dan tepat sehingga mampu mencegah timbulnya kerusakan yang berakibat pada penurunan performansi mesin itu sendiri.

9.2.5 Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia

- **Pelibatan karyawan**

Pelibatan Karyawan merupakan suatu proses untuk mengikutsertakan para karyawan pada semua level organisasi dalam pembuatan keputusan dan pemecahan masalah. Konsep partisipasi secara pribadi berhubungan dalam aktifitas peningkatan kualitas, melalui partisipasi :

- ✓ Karyawan akan memperoleh pengetahuan baru, bisa melihat kelebihan-kelebihan dan kekurangan dalam manajemen kualitas.
- ✓ Karyawan meningkatkan kemampuan dirinya sendiri, meningkatkan rasa tanggung jawab, dan akan merubah karakter pribadi.
- ✓ Meningkatkan respek manajer dan supervisor terhadap karyawan,
- ✓ Meningkatkan rasa pengertian dari karyawan akan suatu kesulitan yang dihadapi manajer dan supervisor.
- ✓ Dapat merubah beberapa sikap negatif/kurang baik dari karyawan, mengurangi konflik, dan juga memberikan kesadaran pada karyawan akan pentingnya kualitas produk.
- ✓ Partisipasi karyawan ditujukan untuk memperoleh manfaat dari kreativitas karyawan dan mendorong pemikiran dan inisiatif yang independen. Pemikiran dan inisiatif kreatif sebanyak mungkin dari karyawan akan memungkinkan

adanya ide dan keputusan yang lebih baik, kualitas yang lebih baik, produktivitas yang lebih tinggi dan sebagai hasilnya daya saing yang meningkat.

- **Pelatihan Karyawan**

Deming (Zhihai Zhang, 1999), menegaskan akan pentingnya pendidikan dan pelatihan dalam upaya perbaikan secara berkesinambungan. Pendidikan dan pelatihan merupakan hal yang vital dalam TQM. Pendidikan dan latihan juga merupakan elemen kunci dari total quality, dimana banyak orang yang terlibat, sehingga sukses dan tidaknya pendidikan dan latihan tersebut bergantung langsung dengan bagaimana mereka melakukannya. Investasi pada bidang ini adalah sesuatu yang vital dan penting dalam rangka perbaikan kualitas. Dalam suatu organisasi manajemen, supervisor sampai ke karyawan harus mendapatkan pendidikan dan latihan mengenai kualitas. Pendidikan dan latihan terhadap kualitas termasuk juga pendidikan terhadap kepedulian masalah kualitas, juga metode-metode dasar manajemen kualitas, seperti SPC, metode penyelesaian masalah, alat-alat ukur dasar. Pendidikan dan latihan dikatakan gagal jika tidak terjadi perubahan atas perubahan kelakuan setelahnya. (Juran & Gyrona, 1993).

- **Pengakuan dan Penghargaan Karyawan**

Recognition atau pengakuan : pemberitahuan ke banyak orang akan berhasil atau suksesnya suatu pekerjaan yang spesifik/khusus, Pengakuan bisa dapat berupa ucapan terima kasih, award dari perusahaan, dan lain-lain.

Reward / Penghargaan : suatu pemberian keuntungan, seperti pemberian bonus, promosi atau kenaikan gaji yang dihubungkan dengan performance atau hasil kerja seseorang terhadap goal perusahaan (Juran & Gyrona 1993, pada Zhihai-Zhang, 1999).

Didalam manajemen kualitas peranan penghargaan dan pengakuan terhadap prestasi karyawan, seperti penilaian kinerja, kompensasi, program pengakuan prestasi, dan sistem promosi, merupakan motivasi untuk mencapai sasaran perusahaan. Banyak manajer dan supervisor yakin bahwa uang merupakan motivator terpenting bagi karyawan untuk meningkatkan kinerjanya. Akan tetapi ternyata dari hasil penelitian dan survai diperoleh hasil bahwa pengakuan prestasi kerja merupakan motivator yang paling kuat. Penghargaan dan pengakuan prestasi tidak akan menghasilkan total quality. Akan tetapi apabila kedua hal tersebut tidak ada, maka akan mengakibatkan hilangnya

keyakinan karyawan terhadap nilai riil kualitas dan kontribusi mereka untuk memperbaiki kualitas. Perusahaan yang akan menerapkan manajemen kualitas /TQM harus melakukan pendekatan penghargaan dan pengakuan apabila ingin sukses dalam menerapkan sistem tersebut.

Pengakuan dan penghargaan seharusnya secara efektif mendorong semangat serta komitmen karyawan terhadap peningkatan kualitas produksinya. Peningkatan suasana dan kenyamanan dalam bekerja, kenaikan upah, promosi jabatan, financial award untuk suatu usulan yang baik merupakan metode yang baik dalam program penghargaan dan pengakuan.

9.3 SIX SIGMA

Strategi penerapan six sigma yang diciptakan oleh DR. Mikel Harry dan Richard Schroeder disebut sebagai *The Six Sigma Breakthrough Strategy*. Strategi ini merupakan metode sistematis yang menggunakan pengumpulan data dan analisis statistik untuk menentukan sumber-sumber variasi dan cara-cara untuk menghilangkannya (Harry dan Schroeder, 2000).

Six sigma mempunyai 2 arti penting, yaitu:

- Six sigma sebagai filosofi manajemen

Six sigma merupakan kegiatan yang dilakukan oleh semua anggota perusahaan yang menjadi budaya dan sesuai dengan visi dan misi perusahaan. Tujuannya meningkatkan efisiensi proses bisnis dan memuaskan keinginan pelanggan, sehingga meningkatkan nilai perusahaan.

- Six sigma sebagai sistem pengukuran

Six sigma sesuai dengan arti sigma, yaitu distribusi atau penyebaran (variasi) dari rata-rata (mean) suatu proses atau prosedur. Six sigma diterapkan untuk memperkecil variasi (sigma).

Six sigma sebagai sistem pengukuran menggunakan *Defect per Million Oppurtunities* (DPMO) sebagai satuan pengukuran. DPMO merupakan ukuran yang baik bagi kualitas produk ataupun proses, sebab berkorelasi langsung dengan cacat, biaya dan waktu yang terbuang. Dengan menggunakan tabel konversi ppm dan sigma

pada lampiran, akan dapat diketahui tingkat sigma. Cara menentukan DPMO adalah sebagai berikut :

- Hitung Defect per Unit (DPU)

$$DPU = \frac{\text{Total kerusakan}}{\text{Total produksi}} \quad (9.1)$$

- Hitung DPMO terlebih dahulu menentukan probabilitas jumlah kerusakan.

$$DPMO = \frac{DPU \times 1 \text{ juta}}{\text{Prob kerusakan}} \quad (9.2)$$

Tabel 9.1 Hubungan sigma dan DPMO

Sigma	Parts per Million
6 Sigma	3,4 defects per million
5 Sigma	233 defects per million
4 Sigma	6.210 defects per million
3 Sigma	66.807 defects per million
2 Sigma	308.537 defects per million
1 Sigma	690.000 defects per million

Sumber : Pande, Peter. 2000.

9.3.1 Keunggulan Six Sigma

Six Sigma sebagai program kualitas juga sebagai tool untuk pemecahan masalah. Six sigma menekankan aplikasi tool ini secara methodical dan sistematis yang akan dapat menghasilkan terobosan dalam peningkatan kualitas. Metodologi yang sistematis ini bersifat generik sehingga dapat diterapkan baik dalam industri manufaktur maupun jasa.

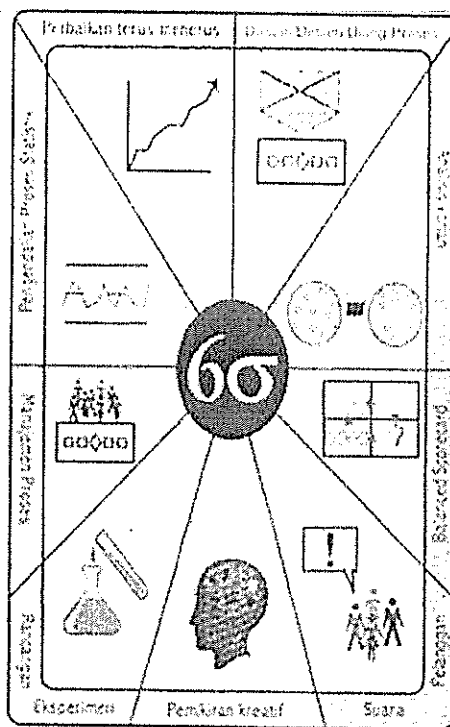
Six Sigma juga dikatakan sebagai metode yang berfokus pada proses dan pencegahan cacat (defect) (Snee, 1999). Pencegahan cacat dilakukan dengan cara mengurangi variasi yang ada di dalam setiap proses dengan menggunakan teknik-teknik statistik yang sudah dikenal secara umum.

Keuntungan dari penerapan Six Sigma berbeda untuk tiap perusahaan yang bersangkutan, tergantung pada usaha yang dijalankannya. Biasanya Six Sigma membawa perbaikan pada hal-hal berikut ini (Pande, Peter. 2000):

1. Pengurangan biaya

2. Perbaikan produktivitas
3. Pertumbuhan pangsa pasar
4. Retensi pelanggan
5. Pengurangan waktu siklus
6. Pengurangan cacat
7. Pengembangan produk / jasa

Ditinjau dari alat yang digunakan, Six Sigma cukup luas. Gambar berikut menunjukkan metode-metode yang biasa digunakan dalam Six Sigma.



Gambar 9.1 Metode dan Alat (*Tools*) Penting dalam Six Sigma

Sumber : Pande, Peter. 2000

Terminologi yang menjadi kunci utama konsep six sigma adalah sebagai berikut:

- CTQ (*Critical to Quality*) = atribut utama dari kebutuhan konsumen. CTQ dapat diartikan sebagai elemen dari proses/ kegiatan yang berpengaruh langsung terhadap pencapaian kualitas yang diinginkan
- Defect = kegagalan untuk memuaskan pelanggan

- Process Capability = kemampuan proses untuk bekerja dan menghasilkan produk yang berkualitas
- Variation = sesuatu yang dirasakan dan dilihat oleh pelanggan. Six sigma berfokus untuk mengetahui apa penyebab variasi dan mencegah terjadinya variasi itu, sehingga dapat meningkatkan kapabilitas dari proses.
- Stable Operation = menjaga konsistensi dari proses yang telah diprediksi sehingga dapat meningkatkan kapabilitas proses.
- Design For Six Sigma (DFSS) = suatu desain untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan kemampuan proses.
- DPMO = ukuran kegagalan dalam six sigma yang menunjukkan kegagalan persejuta kesempatan.
- DMAIC = merupakan proses untuk peningkatan terus menerus menuju six sigma.

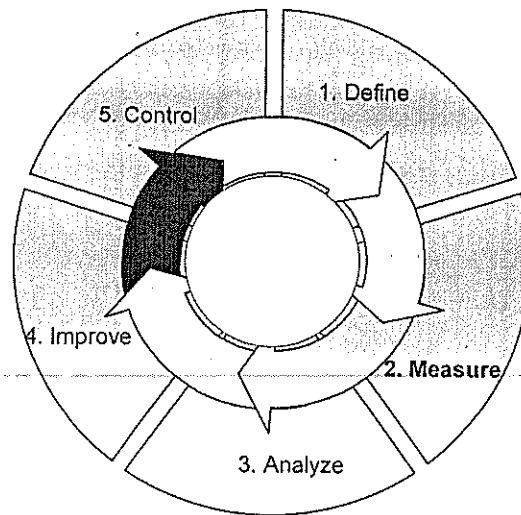
9.3.2 Metodologi Six Sigma

Strategi penerapan six sigma yang diciptakan oleh DR. Mikel Harry dan Richard Schroeder disebut sebagai *The Six Sigma Breakthrough Strategy*. Strategi ini merupakan metode sistematis yang menggunakan pengumpulan data dan analisis statistik untuk menentukan sumber-sumber variasi dan cara-cara untuk menghilangkannya (Harry dan Schroeder, 2000).

Proyek six sigma mempunyai impact besar terhadap kepuasan konsumen dan impact yang signifikan pada *bottom-line* terpilih. Manajemen puncak mempunyai peranan penting selama seleksi proyek dan sebagai leader. Proyek didefinisikan secara jelas dalam hal expected key deliverables, yaitu DPMO level atau sigma quality levels, RTY, Quality Cost dsb. Dalam pendekatan keseluruhan, masalah nyata dibalik kedalam masalah statistik. Hal ini dilakukan dengan mapping proses, yaitu mendefinisikan variable-variabel kunci input proses (key process input variables KPIVs or 'x's) dan variable-variabel kunci output proses (key process output variables KPOVs or 'y's). kekuatan statistical tools digunakan untuk menentukan statistical solution.

Ada lima tahap atau langkah dasar dalam menerapkan strategi Six Sigma ini yaitu Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC), dimana tahapannya

merupakan tahapan yang berulang atau membentuk siklus peningkatan kualitas dengan Six Sigma. Siklus DMAIC dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 9.2 Siklus DMAIC Sumber : Pande, Peter. 2000

Six sigma sebagai metode dalam penerapannya secara global mempunyai tahapan-tahapan yang harus dilakukan untuk dapat diimplementasikan. Secara umum tahapan itu adalah sebagai berikut :

9.3.3 Langkah – Langkah Six Sigma

1. Define (D)

Langkah ini adalah langkah operasional awal dalam program peningkatan kualitas six sigma. Pada tahap define ada 2 hal yang perlu dilakukan yaitu :

a. Mendefinisikan proses inti perusahaan

Proses inti adalah suatu rantai tugas, biasanya mencakup berbagai departemen atau fungsi yang mengirimkan nilai (produk, jasa, dukungan, informasi) kepada para pelanggan eksternal. Dalam hal pemilihan tema Six Sigma pertama-tama yang dilakukan adalah mempertimbangkan dan menjelaskan tujuan dari suatu proses inti akan dievaluasi. (Peter S. Pende, 2000)

b. Mendefinisikan kebutuhan spesifik kebutuhan pelanggan

Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi pemain paling penting didalam semua proses, yakni pelanggan, pelanggan bisa internal maupun eksternal adalah tugas *Black Belt* dan tim untuk menentukan dengan baik apa yang diinginkan

pelanggan eksternal. Pekerjaan ini membuat suara pelanggan (*voice to customer – VOC*) menjadi hal yang menantang. Dalam hal mendefinisikan kebutuhan spesifik dari pelanggan adalah memahami dan membedakan diantara dua kategori persyaratan kritis, yaitu persyaratan output dan persyaratan pelayanan. (Peter S. Pende, 2000)

Persyaratan output berkaitan dengan karakteristik dan atau features dari produk akhir (barang/jasa) yang diserahkan kepada pelanggan pada akhir dari suatu proses. Dalam hal ini dapat saja berbagai macam persyaratan output, tetapi pada dasarnya semua itu berkaitan dengan daya guna (*usability*) dan efektivitas dari produk akhir itu di mata pelanggan. (Vincent Gaspersz, 2002 : 64)

Tahap ini mendefinisikan beberapa hal yang terkait dengan :

1. Pendefinisian Kriteria Pemilihan Proyek *Six Sigma*, dimana pemilihan proyek terbaik adalah berdasarkan identifikasi proyek yang terbaik sepadan dengan kebutuhan, kapabilitas, dan tujuan organisasi sekarang.
2. Pendefinisian Peran Orang-orang yang Terlibat dalam Proyek *Six Sigma* sesuai dengan pekerjaannya
3. Pendefinisian Kebutuhan Pelanggan dalam Proyek *Six Sigma* berdasarkan kriteria pemilihan proyek *Six Sigma* dimana proses transformasi pengetahuan dan metodologi *Six Sigma* melalui sistem pelatihan yang terstruktur dan sistematis untuk kelompok orang yang terlibat dalam program *Six Sigma*.
4. Pendefinisian Proses Kunci Beserta Pelanggan dari Proyek *Six Sigma* yang dilakukan sebelum mengetahui model proses “SIPOC (*Suppliers-Inputs-Processes-Outputs-Customers*)”. SIPOC adalah alat yang berguna dan paling banyak digunakan dalam manajemen dan peningkatan proses. Atau “SIRPORC (*Suppliers-Inputs Requirements-Processes-Output Requirements-Customers*)” apabila kebutuhan Input dan Output dimasukkan ke dalam SIPOC dan persyaratan Output harus berkaitan langsung dengan kebutuhan pelanggan.
5. Pendefinisian Kebutuhan Spesifik dari Pelanggan yang Terlibat dalam Proyek *Six Sigma*
6. Pendefinisian Pernyataan Tujuan Proyek *Six Sigma*, dimana pernyataan tujuan proyek yang harus ditetapkan untuk setiap proyek *Six Sigma* terpilih adalah benar

apabila mengikuti prinsip SMART, yaitu *Spesifik, Measureable, Achievable-Result-oriented, Time-bound*.

7. Daftar Periksa pada Tahap DEFINE (D) untuk memudahkan sekaligus meyakinkan kita bahwa kita telah menyelesaikan tahap DEFINE (D) dengan baik.

2. Measure (M)

Dalam langkah yang kedua dalam tahapan operasional pada program peningkatan kualitas Six Sigma terdapat 3 hal pokok yang dilakukan yaitu: (*Vincent Gaspersz, 2002 : 72-198*)

- a. Menentukan karakteristik kualitas kunci

CTQ ditetapkan berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik pelanggan yang diturunkan secara langsung dari persyaratan – persyaratan output dan pelayanan. Dalam buku lain menyebutkan bahwa karakteristik kualitas sama dengan jumlah kesempatan penyebab cacat (*opportunities to failure*). (*Breyfogle III, Forest W, 1999 : 140*)

- b. Mengembangkan rencana pengumpulan data

Pada dasarnya pengukuran karakteristik kualitas dapat dilakukan pada tiga tingkat, yaitu :

- Rencana pengukuran tingkat proses, adalah mengukur setiap langkah atau aktivitas dalam proses dan karakteristik kualitas input yang diserahkan oleh pemasok yang mengendalikan dan mempengaruhi karakteristik kualitas output yang diinginkan. Tujuan dari pengukuran ini adalah mengidentifikasi setiap perilaku yang mengatur setiap langkah dalam proses.
- Pengukuran tingkat output, mengukur karakteristik kualitas output yang dihasilkan suatu proses dibandingkan dengan karakteristik kualitas yang diinginkan pelanggan.
- Rencana pengukuran tingkat outcome, mengukur bagaimana baiknya suatu produk atau jasa itu memenuhi kebutuhan spesifik dari pelanggan. Jadi pada tingkat ini adalah mengukur kepuasan pelanggan dalam menggunakan produk dan/atau jasa yang diserahkan kepada pelanggan. (*Vincent Gaspersz, 2002 : 96*)

c. Pengukuran baseline kinerja

Peningkatan kualitas six sigma yang telah ditetapkan akan berfokus pada upaya-upaya yang giat dalam peningkatan kualitas menuju kegagalan nol (*zero defects*) sehingga memberikan kepuasan total kepada pelanggan. Maka sebelum peningkatan kualitas six sigma dimulai, kita harus mengetahui tingkat kinerja sekarang atau dalam terminologi Six Sigma disebut sebagai baseline kinerja. Setelah mengetahui baseline kinerja maka kemajuan peningkatan-peningkatan yang dicapai dapat diukur sepanjang masa berlaku Six Sigma :

- Pengukuran baseline kinerja pada tingkat proses, biasanya dilakukan apabila itu terdiri dari beberapa sub proses. Pengukuran kinerja pada tingkat proses akan memberikan gambaran secara jelas dan komprehensif tentang segala sesuatu yang terjadi dalam sub proses itu.
- Pengukuran baseline kinerja pada tingkat output, dilakukan secara langsung pada produk akhir yang akan diserahkan pada pelanggan. Pengukuran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana output akhir dari proses itu untuk memenuhi kebutuhan spesifik dari pelanggan, sebelum produk itu diserahkan pada pelanggan.
- Pengukuran baseline kinerja pada tingkat outcome, dilakukan secara langsung pada pelanggan yang menerima output (produk dan jasa) dari suatu proses.

Ukuran hasil baseline kinerja yang digunakan dalam Six Sigma adalah tingkat DPMO (*Defects Per Millions Opportunities*) dan pencapaian tingkat sigma. (*Vincent Gaspersz, 2002 : 99*)

3. Analyze (A)

Analyze merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas. Pada tahap ini, tiga hal yang perlu dilakukan yaitu :

a. Menentukan stabilitas dan kemampuan proses

Proses industri harus dipandang sebagai suatu peningkatan terus-menerus, yang dimulai dari sederet siklus sejak adanya ide-ide untuk menghasilkan suatu produk (barang dan/atau jasa), pengembangan produk, proses produksi, sampai kepada distribusi kepada pelanggan. Berdasarkan informasi sebagai umpan balik yang

dikumpulkan dari pengguna produk itu dapat dikembangkan ide untuk menciptakan produk baru atau memperbaiki produk lama beserta proses produksinya.

Dalam menentukan apakah suatu proses berada dalam kondisi stabil dan mampu, maka akan dibutuhkan alat-alat statistika sebagai alat analisis. Prosedur lengkap penggunaan alat-alat statistik untuk pengembangan industri menuju stabil dan mampu (*stability* dan *capability*). Berikut adalah pengertian ukuran dari proses stabil dan proses yang mampu ditunjukkan pada Tabel 9.3 :

Tabel 9. 9 Stabilitas dan Kapabilitas Proses

Status Proses				
No.	Stabilitas	Kapabilitas	Situasi	Analisis
1.	Tidak	Tidak	- Keadaan proses diluar pengendalian - Proses akan menghasilkan produk cacat terus menerus (keadaan kronis)	Sistem industri berada dalam kondisi paling buruk
2.	Ya	Tidak	- Keadaan proses didalam pengendalian - Proses masih menghasilkan cacat	Sistem industri berada dalam status antara menuju peningkatan kualitas global
3.	Ya	Ya	- Keadaan proses berada dalam pengendalian - Proses tidak menghasilkan produk cacat (<i>zero defect</i>)	Sistem industri berada dalam kondisi dalam baik, merupakan target Six Sigma
4.	Tidak	Tidak	Proses berada di luar pengendalian proses menimbulkan masalah kualitas secara sporadis	Sistem industri tidak dapat diperkirakan (<i>unpredictable</i>) dan tidak diinginkan oleh manajemen industri

(*Vincent Gaspersz, 2002 : 203*)

b. Menentukan target kinerja dari karakteristik kualitas kunci

Setelah melakukan analisis kapabilitas maka langkah selanjutnya adalah menetapkan target-target kinerja dari setiap karakteristik kualitas kunci untuk ditingkatkan. Konseptual penetapan target kinerja dalam program pendekatan kualitas Six Sigma merupakan hal yang sangat penting, oleh karena itu harus mengikuti prinsip dari SMART (*specific-measurable-achievable-result oriented-time bound*) yaitu :

- **Specific**, target kinerja berkaitan langsung dengan peningkatan kinerja dari setiap karakteristik kualitas kunci yang berkaitan langsung dengan kebutuhan pelanggan dan mempengaruhi kepuasan pelanggan.

- *Measurable*, target kinerja harus dapat diukur dengan menggunakan indikator pengukuran yang tepat, guna mengevaluasi keberhasilan, peninjauan ulang, dan tindakan perbaikan di waktu mendatang.
- *Achievable*, target kinerja peningkatan kualitas harus dapat dicapai melalui usaha yang menantang.
- *Result-oriented*, target kinerja dari peningkatan kualitas harus berfokus pada hasil-hasil berupa peningkatan kinerja karakteristik kualitas kunci.
- *Time-bound*, target kinerja harus menetapkan batas waktu pencapaian target karakteristik kualitas kunci dan target tersebut harus tercapai pada batas waktu yang telah ditetapkan.

c. Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab masalah kualitas

Dalam program peningkatan kualitas Six Sigma membutuhkan identifikasi masalah secara tepat, menemukan sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas tersebut, dan mengajukan solusi masalah yang efektif dan efisien. (*Vincent Gaspersz, 2002 : 201-280*)

Pada proses analyze terdapat pemilihan peta kontrol yang disini digunakan peta kontrol-u karena data yang digunakan adalah data atribut dengan ukuran sampel yang berbeda-beda. Data yang dikumpulkan berupa jumlah ketidaksesuaian dalam sampel. Banyaknya ketidaksesuaian rata-rata per unit dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^I c_i}{\sum_{i=1}^I n_i} \dots\dots\dots(9.3)$$

4. Improve (I)

Setelah sumber-sumber dan akar penyebab masalah kualitas teridentifikasi, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan untuk melakukan peningkatan kualitas Six Sigma. Pada dasarnya rencana-rencana tindakan akan mendeskripsikan tentang alokasi sumber-sumber daya serta prioritas dan/atau alternatif yang dilakukan dalam implementasi dari rencana tersebut.

Menetapkan Suatu Rencana Tindakan untuk Melakukan Peningkatan Kualitas *Six Sigma* :

- Dilakukan setelah sumber-sumber dan akar penyebab masalah kualitas teridentifikasi
- Rencana Tindakan mendeskripsikan tentang alokasi sumber-sumber daya serta prioritas dan/atau alternatif yang dilakukan dalam implementasi dari rencana itu
- Untuk mengembangkan rencana tindakan dapat menggunakan metode 5W-2H

Tabel 9.4 Rencana Tindakan dengan Metode 5W-2H

Jenis	5W2H	Deskripsi	Tindakan
Tujuan utama	What	Apa yang menjadi target utama dari perbaikan/peningkatan kualitas?	Merumuskan target sesuai dengan kebutuhan konsumen
Alasan kegunaan	Why	Mengapa rencana tindakan itu diperlukan? Penjelasan tentang kegunaan dari rencana tindakan yang dilakukan	
Lokasi	Where	Di mana rencana tindakan itu akan dilaksanakan? Apakah aktivitas itu harus dikerjakan di sana?	Mengubah urutan aktivitas atau mengkombinasikan aktivitas-aktivitas yang dapat dilaksanakan bersama
Urutan	When	Bilamana aktivitas rencana tindakan itu akan terbaik untuk dilaksanakan? Apakah aktivitas itu dapat dikerjakan kemudian?	
Orang	Who	Siapa yang akan mengerjakan aktivitas rencana tindakan itu? Apakah ada orang lain yang dapat mengerjakan aktivitas rencana tindakan itu? Mengapa harus orang itu yang ditunjuk untuk mengerjakan aktivitas itu?	
Metode	How	Bagaimana mengerjakan aktivitas rencana tindakan itu? Apakah metode yang digunakan sekarang, merupakan metode terbaik? Apakah ada cara lain yang lebih mudah?	Menyederhanakan aktivitas-aktivitas rencana tindakan yang ada
Biaya/manfaat	How much	Berapa biaya yang dikeluarkan untuk melaksanakan aktivitas rencana tindakan ini? Apakah akan memberikan dampak positif pada pendapatan dan biaya (meningkatkan efektifitas dan efisiensi), setelah melaksanakan rencana tindakan itu?	Memilih rencana tindakan yang paling efektif dan efisien

- Tim Proyek dapat menggunakan metode pendekatan dengan menggunakan alat seperti: diagram CEDAC (*Cause Effect Diagram with Additional Curve*) atau FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).
- Efektivitas dari rencana tindakan yang dilakukan akan tampak dari:
 - Penurunan persentase biaya kegagalan kualitas (COPQ) terhadap nilai penjualan total sejalan dengan meningkatnya Kapabilitas Sigma
 - penurunan DPMO menuju target kegagalan nol (*zero defect*) atau mencapai kapabilitas proses pada tingkat lebih besar atau sama dengan 6-sigma

Untuk memudahkan sekaligus meyakinkan bahwa kita telah menyelesaikan tahap *IMPROVE* (I) dengan baik, maka daftar periksa yang ditampilkan dapat dijadikan panduan atau pedoman kerja. Jika semua pertanyaan dalam daftar periksa itu telah dijawab dengan YA, maka berarti kita boleh melangkah ke tahap berikutnya, yaitu tahap *CONTROL* (C).

5. Control (C)

Sebagai bagian dari pendekatan *Six Sigma*, perlu adanya pengawasan untuk meyakinkan bahwa hasil yang diinginkan sedang dalam prosés pencapaian. Hasil dari tahap *improve* harus diterapkan dalam kurun waktu tertentu untuk dapat dilihat pengaruhnya terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktek-praktek terbaik yang sukses dalam meningkatkan proses distandarisasikan dan disebarluaskan, prosedur-prosedur didokumentasikan dan dijadikan pedoman kerja standar, serta kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer dari tim Six Sigma kepada pemilik atau penanggung jawab proses.

BAB X

METODE

TAGUCHI

Tujuan Instruksional Khusus :

- 1. Mahasiswa dapat menggunakan metode taguchi dalam penelitian eksperimen**

Pengendalian kualitas pada didefinisikan sebagai suatu sistem yang mempertahankan tingkat kelayakan dari kualitas suatu produk atau jasa. Pengertian kualitas sendiri didefinisikan dalam beberapa definisi oleh bermacam-macam penemunya. Misalnya *Garvin* (1984) mengartikan definisi kualitas dalam 5 (lima) kategori, yaitu utama, produk-dasar, pengguna-dasar, manufaktur dasar dan nilai dasar. Lebih dari itu *Garvin* mengidentifikasi ruang lingkup dari 8 (delapan) atribut yang biasanya digunakan untuk menjelaskan kualitas: *performance/tampilan*, *feature/gambar*, keandalan, kesesuaian, ketahanan, pelayanan, estetika dan kualitas yang diamati.

Prinsip-prinsip jaminan kualitas berlaku baik untuk benda-benda yang dihasilkan oleh industri maupun jasa. Tujuan pengendalian kualitas adalah menyajikan alat-alat teknik yang diperlukan untuk mencapai jaminan kualitas dalam organisasi penghasil produk atau jasa.

Ada dua segi umum tentang kualitas, yaitu:

Kualitas rancangan. Semua barang dan jasa dihasilkan dalam berbagai tingkat kualitas. Variasi dalam tingkat kualitas ini memang disengaja, maka dari itu istilah teknik yang sesuai adalah kualitas rancangan. Misalnya, semua mobil mempunyai tujuan dasar memberikan angkutan yang aman bagi konsumen. Tetapi, mobil-mobil berbeda dalam ukuran, penentuan, rupa, dan penampilan. Perbedaan-perbedaan ini adalah hasil perbedaan rancangan yang disengaja antara jenis mobil-mobil itu. Perbedaan rancangan ini meliputi jenis bahan yang digunakan dalam pembuatan, daya tahan dalam proses pembuatan, keandalan yang diperoleh melalui pengembangan teknik mesin dan bagian-bagian penggerak, dan perlengkapan atau alat-alat yang lain.

Kualitas kecocokan. Kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan itu. Kualitas kecocokan dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk pemilihan proses pembuatan, latihan, dan pengawasan angkatan kerja, jenis sistem jaminan kualitas (pengendalian proses, uji, aktivitas pemeriksaan, dan sebagainya) yang digunakan, seberapa jauh prosedur jaminan kualitas ini diikuti, dan motivasi angkatan kerja untuk mencapai kualitas. (*Mitra, 1993*)

Terdapat dua pendekatan dalam pengendalian kualitas yaitu:

1. *On-line Quality Control*

Usaha-usaha yang tercakup dalam *on-line quality control* adalah pengdiagnosaan dan penyesuaian proses, pengontrolan proses, dan inspeksi hasil proses. Usaha-usaha ini adalah pengendalian kualitas yang berlangsung saat proses produksi sedang berjalan.

2. *Off-line Quality Control*

Pengendalian kualitas secara *off-line quality control* adalah usaha-usaha yang bertujuan mengoptimalkan desain proses dan produk, sebagai pendukung usaha *on-line quality control*. Usaha ini dilakukan baik sebelum maupun setelah proses.

10.1. Perancangan Eksperimen

10.1.1. Pengertian Perancangan Eksperimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan setiap langkah tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan (*Sudjana, 1991*).

Selain itu desain eksperimen didefinisikan sebagai suatu pengujian atau serangkaian pengujian yang bertujuan untuk melakukan perubahan terhadap variabel-variabel input dari proses atau sistem sehingga dapat meneliti dan mengidentifikasi sebab perubahan dari output (*Montgomery, 1991*).

10.1.2. Keuntungan Perancangan Eksperimen

Beberapa keuntungan melakukan perancangan eksperimen antara lain adalah:

- Perancangan eksperimen dapat digunakan dalam mengidentifikasi kunci keputusan tidak hanya dalam pengendalian proses tetapi juga untuk peningkatan atau perbaikan proses.
- Pada pengembangan proses baru di mana data historis tidak tersedia, perancangan eksperimen digunakan pada fase pengembangan karena dapat

menunjukkan faktor-faktor yang penting yang akan memaksimalkan hasil dan mengurangi biaya secara keseluruhan.

- Perancangan eksperimen dapat membantu mengurangi *lead time* antara desain dan *manufacturing* dan menghasilkan desain yang *robust* (kokoh) terhadap faktor-faktor yang tidak terkontrol. (Mitra, 1993)

10.2. Metode Taguchi

Metode Taguchi dicetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapatkan tugas untuk memperbaiki sistem telekomunikasi di Jepang. Beliau memiliki latar belakang *engineering*, juga mendalami statistika dan matematika tingkat lanjut. Sehingga ia dapat menggabungkan antara teknik statistik dan pengetahuan *engineering*.

Pada tahun 1980-an gagasannya mengenai perancangan eksperimen telah diperkenalkan kepada dunia barat. Taguchi, Elsayed, and Hsiang (1989) menyatakan bahwa sasaran kualitas *engineering* adalah merancang kualitas ke dalam tiap-tiap produk dan proses yang sesuai. Usaha peningkatan kualitas itu kemudian dikenal sebagai metode *off-line quality control*.

Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan. Metode Taguchi merupakan *off-line quality control* artinya pengendalian kualitas yang preventif, sebagai desain produk atau proses sebelum sampai pada produksi di tingkat *shop floor*. *Off-line quality control* dilakukan pada saat awal dalam *life cycle product* yaitu perbaikan pada awal untuk menghasilkan produk (*to get right first time*).

Kontribusi Taguchi pada kualitas adalah:

1. *Loss Function*

Merupakan fungsi kerugian yang ditanggung oleh masyarakat (produsen dan konsumen) akibat kualitas yang dihasilkan. Bagi produsen yaitu dengan timbulnya biaya kualitas sedangkan bagi konsumen adalah adanya ketidakpuasan atau kecewa atas produk yang dibeli atau dikonsumsi karena kualitas yang jelek.

2. Orthogonal Array

Orthogonal array digunakan untuk mendesain percobaan yang efisien dan digunakan untuk menganalisis data percobaan.

3. Robustness

Meminimasi sensitivitas sistem terhadap sumber-sumber variasi.

10.2.1. Tahapan dalam Desain Produk atau Proses Menurut Taguchi

Dalam metode Taguchi tiga tahap untuk mengoptimasi desain produk atau proses produksi yaitu (Ross, 1996):

1. **System Design.** Merupakan tahap pertama dalam desain dan merupakan tahap konseptual pada pembuatan produk baru atau inovasi proses. Konsep mungkin berasal dari dari percobaan sebelumnya, pengetahuan alam/teknik, perubahan baru atau kombinasinya. Tahap ini adalah untuk memperoleh ide-ide baru dan mewujudkannya dalam produk baru atau inovasi proses.
2. **Parameter Design.** Tahap ini merupakan pembuatan secara fisik atau prototipe secara matematis berdasarkan tahap sebelumnya melalui percobaan secara statistik. Tujuannya adalah mengidentifikasi setting parameter yang akan memberikan performansi rata-rata pada target dan menentukan pengaruh dari faktor gangguan pada variasi dari target.
3. **Tolerance Design.** Penentuan toleransi dari parameter yang berkaitan dengan kerugian pada masyarakat akibat penyimpangan produk dari target.

10.2.2. Loss Function

Loss function menggambarkan biaya sosial yang timbul di antara produsen dan konsumen akibat penetapan karakteristik kualitas tertentu pada produk. *Loss Function* digunakan dalam mengukur performansi karakteristik kualitas dalam pencapaian target, yaitu seberapa besar adanya variasi di sekitar target. Karena karakteristik kualitas terdiri dari tiga kategori. (Ross, 1996)

sebuah bagian dari kondisi total (*full factorial experiment*), bagian ini barang kali hanya separuh, seperempat, atau seperdelapan dari percobaan faktorial penuh.

Orthogonal array diciptakan oleh Jaques Hardmand pada tahun 1897, dan mulai diterapkan pada perang dunia II oleh Plackett dan Burman. Matrik Taguchi secara matematis identik dengan matriks Hardmand, tetapi kolom dan barisnya dilakukan pengaturan lagi.

Keuntungan *orthogonal array* adalah kemampuan untuk mengevaluasi beberapa faktor dengan jumlah test atau pengujian yang minimum. Jika pada percobaan terhadap 7 faktor dengan 2 level, menggunakan *full factorial experiment* akan diperlukan 2^7 buah percobaan. Dengan *orthogonal array* akan dapat dikurangi jumlah percobaan yang dilakukan sehingga akan mengurangi waktu dan ongkos percobaan. *Orthogonal array* (metode Taguchi) telah menyediakan berbagai matriks untuk pengujian faktor-faktor dengan dua dan tiga level dengan kemungkinan pengembangan untuk pengujian multipel level (Ross, 1996).

Salah satu contoh pada Tabel 10.2 berikut ini:

Tabel. 10.2. Matriks Orthogonal Array

Nomor Trial	Inner Array : L8							Outer Array : L4				
	Faktor - Faktor Kontrol							Faktor Gangguan				
	Nomor Kolom							3	1	2	2	1
	1	2	3	4	5	6	7	2	1	2	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	1	1
3	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
4	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2
5	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1
6	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	2
7	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2

10.2.4. Robustness

Robust design merupakan prosedur dalam desain produk atau proses yang performansi akhirnya adalah pada target dan memiliki variasi yang minimum di sekitar

target. Agar kondisi ini tercapai maka diperlukan suatu kondisi yang tidak sensitif terhadap faktor gangguan (*noise factor*).

Performansi target haruslah memiliki variasi minimum berkaitan dengan konsep Taguchi bahwa terjadinya penyimpangan terhadap target akan terjadi suatu kerugian. Maka kerugian yang terkecil terjadi jika karakteristik kualitas yang dihasilkan berada dekat dengan target.

Terjadinya variasi dari target disebabkan oleh adanya faktor yang tidak dapat dikontrol (faktor gangguan), kita tidak dapat menghilangkan adanya faktor gangguan ini tapi hanya dapat meminimasi pengaruhnya.

10.2.5. Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas adalah hasil dari proses yang berkaitan dengan kualitas. Karakteristik kualitas yang terukur menurut Taguchi dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. *Nominal is the best*

Merupakan karakteristik kualitas dengan nilai yang dapat positif maupun negatif. Nilai yang diukur berdasarkan nilai target yang telah ditetapkan. Pencapaian nilai mendekati target yang telah ditetapkan maka kualitas semakin baik. Contoh: ketebalan, berat, tekanan, temperatur.

2. *Lower is better*

Merupakan karakteristik terukur non negatif dengan nilai ideal nol. Pencapaian nilai mendekati nol maka kualitas akan semakin baik. Contoh: produk gagal, pemborosan energi, kebisingan, limbah, dan lainnya.

3. *Higher is better*

Merupakan karakteristik terukur dengan nilai non negatif dengan nilai ideal tak terhingga. Pencapaian nilai mendekati nilai tak terhingga maka kualitas yang dihasilkan akan semakin baik. Contohnya: kekuatan bangunan, ketahanan terhadap korosi, pemakaian bahan bakar per km, umur pemakaian produk, dan lainnya.

10.2.6. Signal to Noise Ratio

Signal Noise Ratio digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi variasi suatu respon. Taguchi menciptakan transformasi dari

pengulangan data ke nilai lain yang merupakan ukuran dari variasi yang ada. Transformasinya adalah *signal to noise ratio* atau SNR. SNR menggabungkan beberapa pengulangan ke dalam satu nilai yang mencerminkan jumlah variasinya. Pembagian SNR berdasarkan tipe karakteristiknya adalah sebagai berikut (Ross, 1996):

1. *Lower is better*

$$S/N_{LB} = -10 \log \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r y_i^2 \right) \quad (10.2)$$

di mana r = jumlah pengulangan (replikasi)

y_i = data pengamatan ke- i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

2. *Nominal is best*

$$S/N_{NB1} = -10 \log V_e \quad (10.3)$$

(hanya melihat variansi saja), atau

$$S/N_{NB2} = + \log \left(\frac{V_m - V_e}{r V_e} \right) \quad (10.4)$$

(melibatkan variansi dan rata-rata)

3. *Higher is better*

$$S/N_{HB} = -10 \log \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (10.5)$$

Rasio SN_{LB} dan rasio SN_{HB} keduanya mudah untuk dihitung, tiap-tiap replikasi dimasukkan dalam persamaan. Akan tetapi, rasio SN_{NB} membutuhkan penjelasan lebih lanjut. Kedua rasio terdapat nilai V_e , dan SN_{NB2} terdapat V_m . Karena V_m mempunyai derajat kebebasan sebesar satu, jadi:

$$V_m = \frac{SS_m}{v_m} = \frac{SS_m}{1} = SS_m = r(\bar{y})^2 \quad (10.6)$$

$$V_e = \frac{SS_e}{v_e} = \left(\frac{SS_T - SS_m}{r-1} \right) \quad (10.7)$$

$$SS_T = \sum_{i=1}^r y_i^2 \quad (10.8)$$

$$S/N_{NB1} = -10 \log \left(\frac{SS_T - SS_m}{r-1} \right) \quad (10.9)$$

$$S/N_{NB2} = +10 \log \left(\frac{SS_m - V_e}{rV_e} \right) \quad (10.10)$$

Rasio SN_{NB1} merupakan fungsi variasi saja dan SN_{NB2} adalah fungsi rata-rata dan variasi. Untuk alasan ini, penggunaan SN_{NB1} direkomendasikan oleh Hunter untuk tipe karakteristik *nominal is best*. $\log V_e$ juga menyediakan kecenderungan menuju kenormalan untuk statistik variansi. Rasio SN_{NB1} dipertimbangkan sebagai substitusi untuk karakteristik *lower is better* atau *higher is better* sejak $\log V_e$ tergantung pada rata-rata tetapi rasio SN_{LB} dan rasio SN_{HB} tidak. (Ross, 1996).

10.2.7. Langkah Penelitian Taguchi

Langkah-langkah ini dibagi menjadi tiga fase utama yang meliputi keseluruhan pendekatan eksperimen. Tiga fase tersebut adalah (1) fase perencanaan, (2) fase pelaksanaan, dan (3) fase analisis. Fase perencanaan sejauh ini merupakan fase yang paling penting dari eksperimen untuk menyediakan informasi yang diharapkan. Peneliti akan belajar sesuatu dari berbagai eksperimen; kadang informasi yang didapatkan positif, kadang negatif. Informasi positif adalah indikasi yang mana faktor dan levelnya menuju ke perbaikan performansi produk atau proses. Informasi negatif mengindikasikan faktor tidak membuat perbaikan, tapi tidak ada indikasi faktor yang mana. Fase perencanaan adalah ketika faktor dan levelnya dipilih, dan oleh karena itu, merupakan langkah yang terpenting dalam eksperimen.

Fase terpenting kedua adalah fase pelaksanaan, ketika hasil eksperimen telah didapatkan. Jika eksperimen direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, analisis akan lebih mudah dan cenderung untuk dapat menghasilkan informasi yang positif tentang faktor dan level. Fase analisis adalah ketika informasi positif atau negatif berkaitan dengan faktor dan level yang telah dipilih dihasilkan berdasarkan dua fase sebelumnya. Fase analisis adalah hal penting terakhir yang mana apakah peneliti akan dapat menghasilkan hasil yang positif.

Langkah utama untuk melengkapi desain eksperimen yang efektif adalah sebagai berikut (Ross, 1996):

1. ***Perumusan masalah.***

Langkah pertama adalah merumuskan atau mengidentifikasi masalah atau kasus yang akan diselediki dalam percobaan. Perumusan masalah harus spesifik dan jelas batasannya dan secara teknis harus dapat dituangkan ke dalam percobaan yang akan dilakukan.

2. ***Tujuan eksperimen.***

Tujuan yang melandasi percobaan harus dapat menjawab apa yang telah dinyatakan pada perumusan masalah, yaitu mencari sebab yang menjadi akibat pada masalah yang kita amati. Pencarian ini dilakukan secara sistematis.

3. ***Memilih karakteristik kualitas (Variabel Tak Bebas)***

Variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain. Dalam merencanakan suatu percobaan harus dipilih dan ditentukan dengan jelas variabel tak bebas yang akan diselediki.

4. ***Memilih faktor yang berpengaruh terhadap (Variabel Bebas)***

Variabel bebas (faktor) adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada tahap ini akan dipilih faktor-faktor yang akan diselediki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan. Dalam seluruh percobaan tidak seluruh faktor yang diperkirakan mempengaruhi variabel yang diselediki, sebab hal ini akan membuat pelaksanaan percobaan dan analisisnya menjadi kompleks. Hanya faktor-faktor yang dianggap penting saja yang diselediki. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang akan diteliti adalah:

a. ***Brainstorming***

Brainstorming merupakan pemikiran kreatif tentang pemecahan suatu masalah, tanpa melihat apakah yang diungkapkan itu masuk akal atau tidak. *Brainstorming* akan lebih baik jika dimulai dengan diskusi kelompok, untuk memberikan gambaran tentang masalah yang akan dihadapi ditinjau dari semua sudut pandang yang berbeda.

Kemudian setiap orang pada diskusi itu mengungkapkan faktor-faktor yang mungkin berpengaruh pada masalah yang dihadapi tanpa takut dikritik oleh

orang lain, sebab mungkin pendapat dan pandangan satu orang berbeda dengan pendapat yang lain tentang suatu masalah.

Setelah semua faktor-faktor yang diungkapkan dicatat dilakukan penyaringan menjadi faktor-faktor yang akan diamati dan faktor yang akan diabaikan. Pada tahap ini pemilihan dilakukan berdasarkan pembatasan urgensi masalah, masalah teknis, kemungkinan pelaksanaan, dan lain-lain.

b. *Flowcharting*

Pada metode ini yang dilakukan adalah mengidentifikasi faktor-faktor melalui *flowchart* proses pembuatan obyek yang diamati. Dengan melihat pada *flowchart* maka untuk masing-masing tahap diidentifikasi faktor-faktor yang mungkin berpengaruh.

c. *Cause Effect Diagram*

Disebut juga diagram Ishikawa, merupakan metode yang paling sering digunakan untuk mengidentifikasi penyebab (faktor-faktor) potensial. Dimulai dengan menyatakan *basic effect* (variabel bebas) yang akan diamati kemudian secara sistematis diurutkan penyebab yang mungkin berpengaruh pada variabel bebas yang diamati.

Effect (akibat) ada di sebelah kanan dan *cause* (sebab) ada di sebelah kirinya dengan garis miring penghubung. Dari penyebab-penyebab utama (*primary effect*) dapat dijabarkan lagi beberapa penyebab yang lebih spesifik sebagai penyebab sekunder.

5. *Mengidentifikasi faktor terkontrol dan tidak terkontrol.*

Dalam metode Taguchi, faktor-faktor tersebut perlu diidentifikasi dengan jelas karena pengaruh antara kedua jenis faktor tersebut berbeda. Faktor terkontrol (*control factors*) adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan, atau faktor yang nilainya ingin kita atur atau kendalikan. Sedangkan faktor gangguan (*noise factors*) adalah faktor yang nilainya tidak bisa kita atur atau dikendalikan, atau faktor yang tidak ingin kita atur atau kendalikan.

6. *Penentuan jumlah level dan nilai faktor.*

Pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil percobaan dan ongkos pelaksanaan percobaan. Makin banyak level yang diteliti maka hasil percobaan

akan lebih teliti karena data yang diperoleh akan lebih banyak, tetapi banyaknya level juga akan meningkatkan ongkos percobaan.

Level faktor dapat dinyatakan secara kuantitatif seperti temperatur: 20°C; kecepatan 20 km/jam; dan lain-lain. Dapat dinyatakan secara kualitatif seperti jenis pupuk yang digunakan; jenis pahat, dan lain-lain. Suatu faktor dinyatakan secara kualitatif jika skala numerik tidak dapat digunakan pada level faktor tersebut. Level juga dapat dinyatakan secara *fixed* seperti tekanan, temperatur, waktu, dan lain-lain atau dipilih secara random dari beberapa kemungkinan yang ada seperti pemilihan mesin, operator, dan lain-lain.

7. *Identifikasi Interaksi antar Faktor Kontrol.*

Interaksi muncul ketika dua faktor atau lebih mengalami perlakuan secara bersama akan memberikan hasil yang berbeda pada karakteristik kualitas dibandingkan jika faktor mengalami perlakuan secara sendiri-sendiri. Kesalahan dalam penentuan interaksi akan berpengaruh pada kesalahan interpretasi data dan kegagalan dalam penentuan proses yang optimal. Tetapi Taguchi lebih mementingkan pengamatan pada *main effect* (penyebab utama) sehingga adanya interaksi diusahakan seminimal mungkin, tetapi tidak dihilangkan sehingga perlu dipelajari kemungkinan adanya interaksi.

8. *Perhitungan derajat kebebasan (degrees of freedom/dof).*

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum percobaan yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Jika n_A dan n_B adalah jumlah perlakuan untuk faktor A dan B; maka:

$$\text{dof untuk faktor A} = n_A - 1$$

$$\text{dof untuk faktor B} = n_B - 1$$

$$\text{dof untuk interaksi faktor A dan B} = (n_A - 1)(n_B - 1)$$

$$\text{Jumlah total dof} = (n_A - 1) + (n_B - 1) + (n_A - 1)(n_B - 1)$$

9. *Pemilihan Orthogonal Array (OA).*

Dalam pemilihan Orthogonal Array haruslah memenuhi pertidaksamaan di bawah ini:

$$V_{LN} > V \text{ yang diperlukan untuk faktor interaksi}$$

Di mana:

V : dof

VLN : jumlah trial – 1

V yang diperlukan untuk faktor dan interaksi = jumlah total dof

Dalam memilih jenis *Orthogonal Array* harus diperhatikan jumlah level faktor yang diamati yaitu:

- a. jika semua faktor adalah dua level: pilih jenis OA untuk level dua faktor
- b. jika semua faktor adalah tiga level: pilih jenis OA untuk level tiga faktor
- c. jika beberapa faktor adalah dua level dan lainnya tiga level: pilih yang mana yang dominan dan gunakan *Dummy Treatment*, Metode Kombinasi, atau *Metode Idle-Column*.
- d. Jika terdapat campuran dua, tiga, atau empat level faktor: lakukan modifikasi OA dengan metode *Merging Column*

10. Penugasan untuk faktor dan interaksinya pada orthogonal array.

Penugasan faktor-faktor baik faktor kontrol maupun faktor gangguan dan interaksi-interaksinya pada orthogonal array terpilih dengan memperhatikan:

- a. Grafik Linier
- b. Tabel Triangular

Kedua hal tersebut merupakan alat bantu penugasan faktor yang dirancang oleh Taguchi. Grafik linier mengindikasikan berbagai kolom ke mana faktor-faktor tersebut. Tabel triangular berisi semua hubungan interaksi-interaksi yang mungkin antara faktor-faktor (kolom-kolom) dalam suatu OA.

11. Persiapan dan Pelaksanaan Percobaan.

Persiapan percobaan meliputi penentuan jumlah replikasi percobaan dan randomisasi pelaksanaan percobaan.

a. Jumlah Replikasi

Replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dengan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi. Replikasi bertujuan untuk:

1. Mengurangi tingkat kesalahan percobaan
2. Menambah ketelitian data percobaan

3. Mendapatkan harga estimasi kesalahan percobaan sehingga memungkinkan diadakan test signifikansi hasil eksperimen

b. Randomisasi

Secara umum randomisasi dimaksudkan untuk:

1. Meratakan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit percobaan.
2. Memberikan kesempatan yang sama pada semua unit percobaan untuk menerima suatu perlakuan sehingga diharapkan ada kehomogenan pengaruh pada setiap perlakuan yang sama.
3. Mendapatkan hasil pengamatan yang bebas (independen) satu sama lain.

Pelaksanaan percobaan Taguchi adalah pengerjaan berdasarkan setting faktor pada OA dengan jumlah percobaan sesuai jumlah replikasi dan urutan seperti randomisasi.

12. Analisis Data.

Pada analisis dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data yaitu meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu *lay out* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu percobaan yang dipilih.

Selain itu dilakukan perhitungan dan penyajian data dengan statistik analisis variansi, tes hipotesa dan penerapan rumus-rumus empiris pada data hasil percobaan.

a. Analisis Variansi (ANOVA)

Analisis variansi (ANOVA) berfungsi untuk menguji apakah rata-rata dari suatu klasifikasi atau sumber variasi berbeda secara signifikan pada taraf keberartian tertentu. Sumber variasi terdiri dari variasi antar perlakuan maupun dalam perlakuan (galat). Kesimpulan yang didapat dari ANOVA berupa perbandingan antara rata-rata kuadrat perlakuan dengan rata-rata kuadrat galat.

Desain analisis variansi menggunakan desain randomisasi lengkap. Dalam desain ini, variansi total hanya dibagi atas variansi antar perlakuan dan variansi galat atau dalam perlakuan.

Prosedurnya adalah sebagai berikut:

a. Perumusan hipotesa

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$, yaitu tidak ada perbedaan antara mean dari populasi

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k$, yaitu terdapat perbedaan antar populasi

b. Menentukan jumlah pengamatan dari sampel, yaitu:

n_1 = besar sampel ke 1

n_2 = besar sampel ke 2

n_j = besar sampel ke j

n = total pengamatan, yaitu: $n_1 + n_2 + \dots + n_j + \dots + n_k$

c. Menentukan tingkat signifikansi α

d. Membuat Tabel Analisis Variansi.

Dalam pembuatan tabel analisis variansi mencakup beberapa perhitungan yaitu perhitungan *Sum of Squares*, Perhitungan *Degree Of Freedom*, Perhitungan *Mean Of Square*, dan Perhitungan F hitung.

Tabel. 10.3. Tabel Analisis variansi (ANOVA)

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F
Antar Perlakuan	$k - 1$	SS_P	$\frac{SS_P}{DF_P}$	$\frac{MS_P}{MS_E}$
Dalam Perlakuan (error/galat)	$(n - 1) - (k - 1)$	SS_E	$\frac{SS_E}{DF_E}$	
Total	$n - 1$	SS_T		

Sumber: Montgomery, 1991

b. Strategi Pooling Up

Strategi *Pooling Up* dirancang oleh Taguchi untuk mengestimasi variasi error pada ANOVA. Sehingga estimasi yang dilakukan akan lebih baik, karena strategi ini akan mengakumulasi beberapa variasi error dari beberapa faktor yang kurang berarti.

Strategi *Pooling Up* cenderung memaksimalkan jumlah kolom yang dipertimbangkan signifikan. Dengan keputusan signifikan faktor-faktor tersebut akan digunakan dalam putaran percobaan selanjutnya atau dalam desain produk atau proses. Dengan demikian kecenderungan melakukan

kesalahan α (kesalahan tipe I) akan membesar yaitu pertimbangan bahwa faktor yang menyebabkan perbaikan padahal tidak. Namun keadaan ini lebih baik daripada melakukan kesalahan β (kesalahan tipe II) yaitu pertimbangan bahwa faktor tidak menyebabkan perbaikan padahal sebenarnya tidak. (Ross, 1996)

c. **Signal Noise To Ratio**

Rasio S/N digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon. Rasio S/N merupakan rancangan untuk transformasi pengulangan data (paling sedikit dua untuk satu percobaan) ke dalam suatu nilai yang merupakan ukuran variansi yang timbul. (Ross, 1996)

Terdapat beberapa jenis rasio S/N sesuai dengan tipe karakteristik kualitas. Dalam tugas akhir ini digunakan rasio S/N untuk tipe *nominal is best* dengan rumus:

$$S/N_{NB1} = -10 \log \left(\frac{SS_T - SS_m}{r - 1} \right) \quad (10.11)$$

di mana :

SS_T = Sum of Squares Total

SS_m = Sum of Squares Mean

r = Jumlah pengujian pada tiap trial

13. **Interpretasi Hasil**

Interpretasi hasil merupakan langkah yang dilakukan setelah percobaan dan analisis telah dilakukan. Interpretasi yang dilakukan antara lain:

a. **Persentase Kontribusi**

Persentase kontribusi adalah fungsi dari *sum of square* untuk tiap-tiap item yang signifikan. Meskipun tidak disebutkan pada bagian ANOVA, variansi faktor atau interaksinya termasuk sejumlah *error* atau galat. Sebuah persamaan ditetapkan untuk faktor A, contohnya:

$$V_A = V'_A + V_e \quad (10.12)$$

V'_A adalah jumlah variansi semata-mata untuk faktor A. Maka

$$V'_A = V_A - V_e \quad (10.13)$$

Mengingat bahwa definisi variansi untuk faktor A adalah

$$V_A = \frac{SS_A}{v_A} \quad (10.14)$$

∴ Maka;

$$V_A = V'_A = \frac{SS'_A}{v_A} \quad (10.15)$$

Disubstitusi ke persamaan ,

$$\frac{SS'_A}{v_A} = \frac{SS_A}{v_A} - V_e \quad (10.16)$$

$$SS'_A = SS_A - (V_e)(v_A) \quad (10.17)$$

SS'_A adalah *sum square* yang diharapkan untuk faktor A, dan prosentase kontribusi P dari total variasi adalah:

$$P = \left[\frac{SS'_A}{SS_T} \right] \times 100 \quad (10.18)$$

Contoh di atas digunakan untuk faktor A, tapi dapat juga digunakan untuk faktor lain dan interaksinya. Satu kolom lagi, P, dapat ditambahkan untuk melengkapi tabel ANOVA menggunakan teknik Taguchi. Semenjak beberapa bagian *sum of square* dari faktor dan atau interaksi dikurangi karena *error*, jumlah ini harus ditambahkan ke *error sum of square* agar jumlah total *sum of square* tidak berubah. Sejak prosentase kontribusi total harus ditambahkan hingga 100 persen, prosentase kontribusi *error* dapat dihitung dengan mengurangi semua total prosentase kontribusi faktor dari 100 persen.

b. Selang kepercayaan faktor untuk kondisi perlakuan saat percobaan

Metode menghitung selang kepercayaan ini merupakan pendekatan statistik sederhana.

$$CI = \sqrt{\frac{F_{\alpha;1,v_2} V_{ep}}{n}} \quad (10.19)$$

di mana

CI = selang kepercayaan

$F_{\alpha;1,v_2}$ = rasio F yang dibutuhkan untuk :

α = derajat ketelitian

Derajat kepercayaan = $1 - \alpha$

v_1 = 1

v_2 = derajat kebebasan dari *pooled error*

V_{ep} = variansi *pooled error*

N = jumlah percobaan

Rasio F ditentukan dengan cara yang sama pada ANOVA. Derajat kebebasan 1 untuk pembilang mean akan selalu diestimasikan nilai 1 untuk selang kepercayaan. Derajat kebebasan untuk pembilang adalah derajat kebebasan v_{ep} berkaitan dengan variansi *pooled error* V_{ep} pada eksperimen.

Selang kepercayaan digunakan dengan cara:

$$\mu_A = \bar{A}_1 \pm CI \quad \text{atau}$$

$$A_1 - CI < \mu_{A1} < A_1 + CI \quad (10.20)$$

Kedua persamaan di atas dibuat pada beberapa selang kepercayaan yang telah dipilih.

14. Percobaan Konfirmasi

Setting faktor untuk percobaan konfirmasi adalah diatur untuk faktor yang berpengaruh secara signifikan dan tetap seperti percobaan I untuk faktor yang tidak berpengaruh secara signifikan.

Percobaan konfirmasi adalah percobaan yang dilakukan untuk memeriksa kesimpulan yang didapat. Tujuan percobaan konfirmasi adalah untuk memverifikasi:

1. Dugaan yang dibuat pada saat model performansi penentuan faktor dan interaksinya.
2. *Setting* parameter (faktor) yang optimum hasil analisis hasil percobaan pada performansi yang diharapkan.

Daftar Pustaka

- a. Gasperz, Vincent, *Total Quality Management*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2002.

- b. Gasperz , Vincent, *Pedoman Implementasi Program Six Sigma*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2002.
- c. John S. Oakland. *Total Quality Management*, Butterwort Heinemann, 1993
- d. Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Ronald R. Cavanagh, 2000, *The Six Sigma Way*, Penerbit Andi, Yogyakarta
- e. Richard Barret Clements, *Quality Guide to ISO 9000*, Prentice Hall, 1993
- f. Tjiptono, Fandy, *Total Quality Management*, Penerbit Andi Yogyakarta, 2000.

Daftar Pustaka

- a. *Amitava Mitra, Fundamentals of Quality Control and Improvement, Macmilan Publishing Company, 1993*
- b. Douglas C. Montgomery., *Introduction to Statistical Quality Control*, John Willey and Sons Inc, 1985
- c. Eugene L. Grant, Richard S. Leavenworth, *Statistical Quality Control*, McGraw Hill, Inc, 1988

- d. Gasperz , Vincent, *Total Quality Management*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2002.
- e. Gasperz , Vincent, *Pedoman Implementasi Program Six Sigma*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2002.
- f. Ishikawa, Kaoru, *Teknik Penuntun Pengendalian Mutu*, PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta, 1986.
- g. John S. Oakland. *Total Quality Management*, Butterwort Heinemann, 1993
- h. Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Ronald R. Cavanagh, 2000, *The Six Sigma Way*, Penerbit Andi, Yogyakarta
- i. Richard Barret Clements, *Quality Guide to ISO 9000*, Prentice Hall, 1993
- j. Tjiptono, Fandy, *Total Quality Management*, Penerbit Andi Yogyakarta, 2000.