

KAWALAN KUALITI

**KEJURUTERAAN
MEKANIKAL**

**MOHAMAD NORIZHAM HAMZAH
NORFADZILLAH ISMAIL**



©Mohamad Norizham Hamzah, Norfadzillah Ismail 2021
Terbitan Pertama 2021

Hak Cipta Terpelihara. Setiap bahagian daripada terbitan ini tidak boleh diterbitkan semula, disimpan untuk pengeluaran atau dipindahkan kepada bentuk lain, sama ada dengan cara elektronik, mekanik, gambar, rakaman dan sebagainya tanpa izin pemilik hak cipta terlebih dahulu.

Perpustakaan Negara Malaysia Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

Mohamad Norizham Hamzah, Norfadzillah Ismail
Kawalan Kualiti

e ISBN 978-967-0855-88-2



Published by
POLITEKNIK TUANKU SULTANAH BAHYAH,
Kulim Hi-Tech Park,
09000 Kulim,
Kedah.

PENGHARGAAN

Syukur ke hadrat Illahi atas kesempatan dan peluang yang diberikan sehingga dapat menyiapkan e-buku Kawalan Kualiti untuk edisi pertama. Moga dengan penghasilan e-buku ini menjadi titik permulaan bagi meneruskan penulisan buku-buku yang lain di masa hadapan. Diharap dengan usaha yang kecil ini memberi impak dalam memartabatkan ilmu pendekatan kawalan kualiti dalam bidang pengurusan mahupun pembuatan produk.

TERIMA KASIH

MOHAMAD NORIZHAM HAMZAH

NORFADZILLAH ISMAIL

PRAKATA

Kawalan Kualiti adalah satu proses pemeriksaan produk yang dihasilkan menepati spesifikasi yang ditetapkan. Kawalan Kualiti juga boleh diaplikasikan dalam bidang pengurusan bagi memastikan perjalanan urus tadbir pengurusan berjalan dengan baik dan teratur. Pendekatan dalam Kawalan Kualiti juga dapat membantu dalam meningkatkan pengeluaran dalam pembuatan dan mengawal kecatatan yang mungkin wujud. Penggunaan pendekatan kaedah kawalan dan teknik kawalan kualiti dapat membantu bidang pengurusan pembuatan dalam meningkatkan penghasilan produk.

ISI KANDUNGAN

TAJUK	MUKA SURAT
BAB 1	
ASAS KONSEP KUALITI	1
KECACATAN SIFAR	2
PELANGGAN	3
TERMA DAN KONSEP KUALITI	4
PENAMBAHBAIKAN BERTERUSAN (CONTINUOUS IMPROVEMENT)	6
ISO 9000	7
TUTORIAL	15
ASAS STATISTIK	16
TUTORIAL	25
BAB 2	
SEBAB PELUANG (KEMUNGKINAN) DAN SEBAB YANG DAPAT DITENTUKAN	26
CARTA KAWALAN	29
RUJUKAN	

BAB 1 : ASAS KONSEP KUALITI

1.0 PENGENALAN KEPADA KUALITI

1.1 Apakah itu Kualiti?

Pada lazimnya, kualiti diterjemahkan sebagai keunggulan sesuatu produk atau perkhidmatan yang memenuhi atau melebihi jangkaan (permintaan) pelanggan atau pengguna. Kualiti juga adalah satu yang berkaitan dengan pendapat atau pandangan yang tidak boleh dinilai. Secara kuantitinya,

$$\text{Kualiti (Q)} = \frac{P}{J}$$

dimana P = Pencapaian (Performance)
J = Jangkaan (Expectation)

Jika Q lebih besar daripada satu, maka produk atau perkhidmatan yang diberikan dikatakan mempunyai kualiti. P dan J adalah berdasarkan kepada pendapat atau pandangan.



P adalah merujuk kepada syarikat atau pertubuhan manakala J adalah merujuk kepada pelanggan. Permintaan pelanggan selalunya adalah tinggi.

Definisi kualiti di bawah MS ISO 9000 ialah keseluruhan ciri-ciri sesuatu entiti (produk dan perkhidmatan) yang dapat memenuhi kehendak pelanggan yang dinyatakan dan tersirat

Kualiti juga boleh ditakrifkan sebagai keseluruhan ciri sesuatu produk atau perkhidmatan yang membolehkannya memuaskan keperluan yang dinyatakan atau dibayangkan.

Kualiti boleh diukur melalui sembilan dimensi iaitu:-



1.2 KECACATAN SIFAR (ZERO DEFECTS)

Kecacatan sifar (*Zero defects*), frasa ini dicipta oleh Philip Crosby pada tahun 1979 dalam bukunya yang berjudul, "Kualiti adalah Percuma". *Zero defects* merupakan langkah ketujuh dalam 14 Langkah dalam Proses Penambahbaikan Kualiti yang juga merupakan ciptaan Crosby. Mengikut pandangan beliau, sekiranya kecacatan adalah sifar maka tiada sebarang kos yang boleh dikaitkan dengan kualiti yang buruk. Ini bermakna kualiti adalah percuma.

Zero defect sebenarnya adalah cara pemikiran dan perlakuan yang memperkukuhkan idea bahawa kecacatan adalah sesuatu yang tidak dapat diterima dan setiap orang seharusnya melakukan sesuatu dengan betul pada pertama kalinya. Perkara asasnya adalah jika seseuatu organisasi mengamalkan amalan *zero defect*, keuntungan boleh ditingkatkan dengan menghilangkan kos kegagalan dan meningkatkan hasil melalui peningkatan kepuasan pelanggan. Namun, pengurus kualiti haruslah jelas bahawa *zero defect* bukanlah suatu program motivasi. Tujuannya hanyalah untuk menyampaikan kepada seluruh pekerja erti *zero defect* dan idea bahawa setiap orang harus melakukan sesuatu dengan betul pada pertama kalinya.

1.3 PELANGGAN

Pelanggan adalah seseorang yang membina hubungan baik dengan orang lain khususnya dalam bidang perusahaan. Kepuasan pelanggan merupakan isu yang penting dan kritikal di semua industri. Kepuasan pelanggan merupakan kunci kejayaan kepada sesebuah perniagaan. Pada dasarnya ada dua jenis pelanggan iaitu pelanggan luaran dan dalaman iaitu:-

(i)



o Pelanggan luaran adalah orang luar dari industri yang menerima/membeli/ menggunakan suatu produk.

o Pelanggan luaran setiap industri adalah masyarakat umum yang menerima/membeli/menggunakan produk industri tersebut. Beberapa perkara harus dipatuhi untuk memenuhi kehendak pelanggan luaran iaitu:-

- (a) Harga yang kompetatif
- (b) Kesesuaian kehendak produk
- (c) Berkualiti dan Kebolehpercayaan
- (d) Penghantaran yang tepat

(ii)



o Pelanggan Dalaman

Pelanggan dalaman adalah setiap orang (dalam operasi) yang menjalankan operasi selanjutnya dari suatu pekerjaan.

o Pelanggan dalaman merupakan seluruh warga kerja dalam sesebuah industri. Antara faktor-faktor yang diperlukan untuk pelanggan dalaman ialah:-

- (a) Kerja berpasukan
- (b) Struktur dan sistem yang cekap
- (c) Kerja yang berkualiti
- (d) Ketetapan waktu proses produk

1.4 TERMA DAN KONSEP KUALITI

2.2.1 Kawalan Kualiti (Quality Control)

Kawalan kualiti adalah penggunaan teknik atau aktiviti tertentu untuk mencapai, mengekalkan (menyokong) atau mempertingkatkan kualiti sesuatu produk atau perkhidmatan. Ia merangkumi integrasi diantara teknik dan aktiviti yang berikut:-

- Spesifikasi produk yang dikehendaki .
- Rekabentuk produk atau perkhidmatan bagi memenuhi spesifikasi.
- Pengeluaran atau pemasangan untuk memenuhi keseluruhan spesifikasi.
- Pemeriksaan bagi pematuhan kepada spesifikasi.
- Kajian semula mengenai penggunaan untuk mendapatkan maklumat jika kajian terhadap spesifikasi diperlukan.

Objektif kawalan kualiti :-

- i. Mencapai mutu produk mengikut keperluan spesifikasi.
- ii. Mencapai kos yang minimum.
- iii. Memenuhi tarikh penghantaran.

1.4.1 Kepastian Kualiti (Quality Assurance)

Kepastian kualiti adalah satu sistem pemantauan dan penilaian yang sistematik dalam pelbagai aspek seperti perkhidmatan, proses, kemudahan untuk memastikan aspek kualiti tercapai/memenuhi kehendak kerja. Ia juga adalah aktiviti pemeriksaan barangan atau perkhidmatan bagi memastikan ia memenuhi kehendak kualiti.

Adalah menjadi tanggungjawab jabatan untuk menentukan pelanggan-pelanggan mereka sentiasa berpuas hati dengan keluaran atau perkhidmatan yang disediakan. Pelanggan-pelanggan itu juga harus mempunyai keyakinan penuh bahawa mereka akan mendapat perkhidmatan yang berkualiti setiap kali membuat urusan. Matlamat ini boleh dicapai oleh jabatan melalui pengamalan kepastian.

Kepastian kualiti menekankan kepada pencegahan daripada timbulnya masalah-masalah kualiti dalam penghasilan sesuatu output, melalui tindakan-tindakan yang dirancang dan sistematik. Dengan yang demikian barulah dapat dipastikan bahawa output yang dikeluarkan tidak mempunyai kecacatan (defect free) atau kesilapan

(error free). Output seperti inilah yang akan membawa kepada kepuasan pelanggan dan keyakinan mereka kepada jabatan berkenaan.

Bagi mencapai matlamat kepastian kualiti ini, jabatan-jabatan bolehlah mengambil 3 tindakan yang berikut:

- a. Melaksanakan pemeriksaan kualiti (Pemeriksaan Q).
- b. Mengamalkan perancangan output.
- c. Latihan kakitangan

1.4.2 Pengurusan Kualiti Menyeluruh (Total Quality Management-TQM)

TQM merupakan penggunaan kaedah statistik kawalan kualiti bagi mengurangkan perbezaan produk sebagai satu usaha memperbaiki kualiti produk secara berterusan. TQM merupakan asas kepada kejayaan berterusan bagi organisasi. TQM merupakan pendekatan sistematik yang terbukti dalam perancangan dan pengurusan seluruh aktiviti organisasi.

TQM bermatlamat untuk memastikan setiap aktiviti dalam organisasi menyumbang kepada pencapaian objektif organisasi. Pada amnya, TQM memerlukan organisasi mengubah cara-cara organisasi beroperasi. Justeru itu setiap pekerja dan setiap jabatan dalam organisasi mesti menaruh perhatian penuh terhadap matlamat TQM.

1.4.2.1 Matlamat, Prinsip dan Elemen TQM



2.2.3.2 Manfaat TQM

Organisasi yang berjaya mengamalkan TQM telah meraih banyak manfaat. Antaranya:

- Peningkatan produktiviti
- Meningkatkan semangat, kepuasan, keyakinan serta kebolehan pekerja.
- Meningkatkan imej organisasi

- Memperbaiki perhubungan di antara pembekal-pembekal.
- Penjimatan kos.

1.5 Penambahbaikan Berterusan (Continuous improvement)

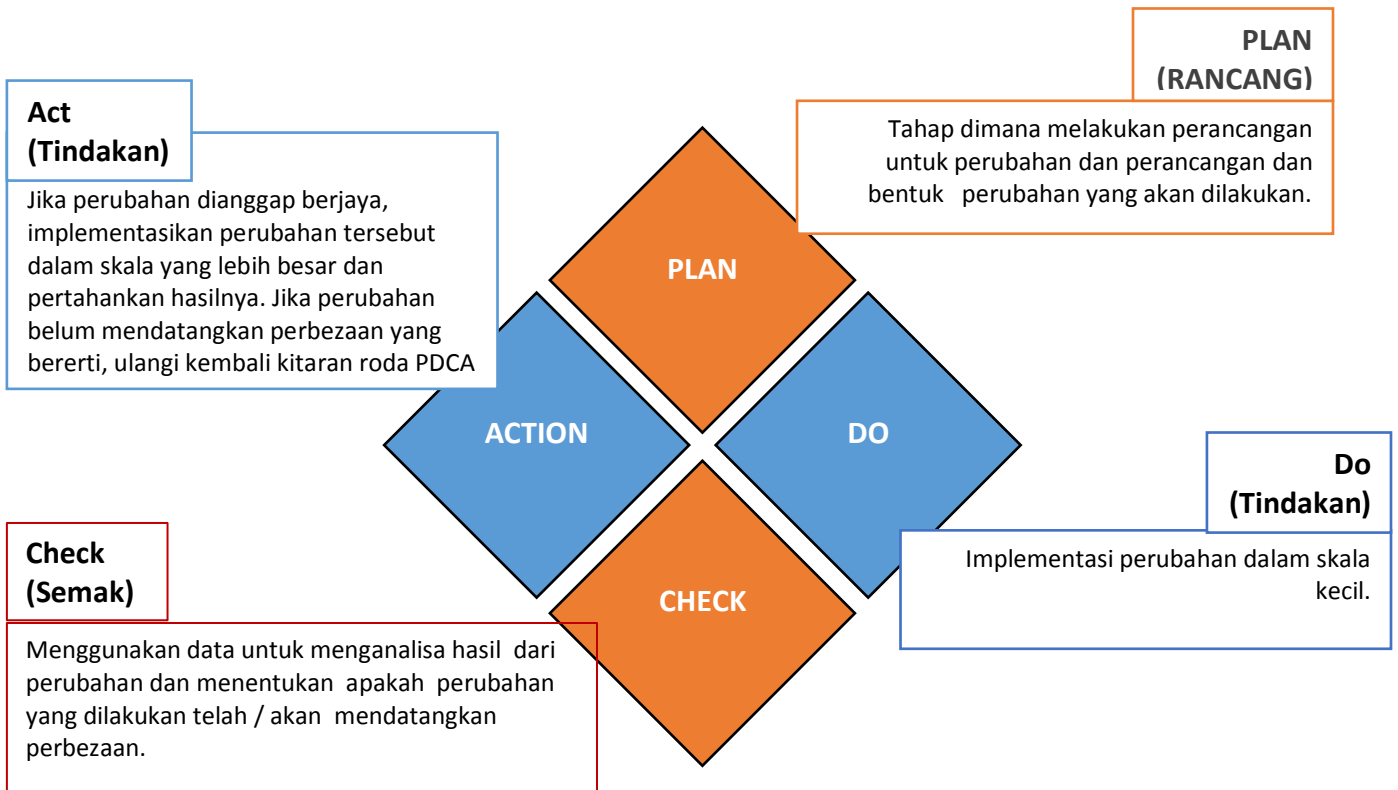
Continuous improvement adalah usaha-usaha berterusan yang dilakukan untuk mengembangkan dan memperbaiki produk, perkhidmatan ataupun proses. Usaha-usaha tersebut bertujuan untuk mencari dan mendapatkan “bentuk terbaik” dari penambahbaikan yang dihasilkan.



Usaha ini yang memberikan satu penyelesaian yang terbaik bagi masalah yang ada, yang hasilnya akan terus bertahan dan bahkan berkembang menjadi lebih baik lagi.

Salah satu *tool* yang digunakan untuk menjalankan misi Continuous Improvement adalah “pemodelan kualiti empat langkah” yang disebut PDCA (Plan-Do-Check-Act), yang juga dikenali sebagai “Kitar Deming” atau “Kitar Shewhart”.





Rajah 1: Strategi Tindakan-Rancang-Tindakan–Semak

1.5.1 Enam Sigma (Six Sigma)

Six Sigma adalah suatu alat pengurusan baharu yang digunakan untuk menggantikan Total Quality Management (TQM), ia sangat terfokus terhadap pengendalian kualiti dengan mendalami sistem produksi perusahaan secara keseluruhan. Memiliki tujuan untuk menghilangkan cacat dalam pengeluaran, mengurangkan waktu pembuatan produk dan mengurangkan kos. **Six sigma** juga disebut sistem **comprehensive** - maksudnya adalah strategi, disiplin ilmu, dan alat untuk mencapai dan mendukung kejayaan syarikat. **Six Sigma** disebut strategi kerana terfokus pada peningkatan kepuasan pelanggan, disebut disiplin ilmu kerana mengikuti model formal, iaitu **DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)** dan alat kerana digunakan bersamaan dengan yang lainnya, seperti Carta Pareto dan Histogram.



1.6 ISO 9000

ISO (*International Standards Organisation*) adalah pertubuhan piawaian yang terdiri dari badan-badan piawaian kebangsaan dunia. Kerja-kerja dalam menyediakan Piawaian Antarabangsa (*International Standards*) dikendalikan oleh satu jawatankuasa yang dikenali sebagai **ISO Technical Committee**.

ISO 9000 adalah merupakan satu garis panduan untuk rekabentuk, pembuatan, jualan dan perkhidmatan sesuatu produk.

Pihak syarikat perlu melihat siri-siri ISO 9000 yang ada supaya piawaian ini digunakan secara berkesan. Piawaian ini melibatkan semua pekerja dalam dengan tujuan untuk mewujudkan satu sistem yang seragam.

Siri ISO 9000 telah mula didokumenkan oleh satu delegasi dunia dikenali sebagai ISO/Technical Committee 176 (ISO/TC 176) dan pada Mac 1987 satu piawaian sistem kualiti telah dihasilkan yang dinamakan siri ISO 9000:1987.

Siri ISO 9000 versi 1987 telah dikaji semula pada Mac 1993 dan diguna pakai secara rasmi pada tahun 1994. Versi ini digunakan sebagai Siri ISO 9000:1994. Pada tahun 2000, satu versi ISO yang baru telah dikeluarkan yang dikenali dengan Siri ISO 9000:2000 (versi 2000).

Tujuan utama ialah untuk memudahkan perdagangan antarabangsa melalui menyediakan satu set piawai (standard) yang boleh diakui dan dihormati oleh seluruh dunia.

1.6.1 Siri ISO 9000

Pengenalan ISO 9000

ISO 9000 adalah satu set piawaian pengurusan kualiti, mengandungi 3 standard kualiti ISO 9000:2000. ISO 9001:2000 mengandungi keperluan sistem pengurusan kualiti manakala ISO 9004:2000 mengandungi garis panduan. Semua ini adalah piawaian proses bukannya piawaian produk. Telah menjadi piawaian kualiti yang utama. Beribu-ribu syarikat dari lebih 100 negara telah menggunakan piawaian ini dan banyak syarikat sedang menuju kearah menggunakan sistem kualiti ini.

ISO 9000 digunakan kerana ia:-

1. Dapat mengawal kualiti
2. Menjimatkan wang
3. Memenuhi piawai yang seragam.
4. Daya saing antara pengeluaran.

ISO 9000 digunakan oleh semua jenis organisasi. Penggunaan sistem kualiti ini tidak mengira saiz dan apa yang organisasi lakukan. Ia dapat membantu kedua-dua produk dan organisasi berasaskan perkhidmatan mencapai taraf kualiti yang diiktiraf dan dihormati di seluruh dunia.

ISO-International Organization for Standardization, beribu pejabat di Switzerland dan ditubuhkan pada 1947 untuk membangunkan piawaian antarabangsa dalam pelbagai bidang.

1.6.2 Menjelaskan Konsep Asas dan Istilah Utama dalam siri ISO 9000

Konsep Asas Pengurusan Kualiti ISO 9000:2000

a. Fokus kepada pelanggan anda.

Organisasi bergantung kepada pelanggan, maka:

- I. Organisasi mesti memahami keperluan pelanggan.
- II. Organisasi mesti mematuhi kehendak pelanggan.
- III. Organisasi mesti melepasi jangkaan pelanggan.

b. Menyediakan kepimpinan.

Organisasi bergantung kepada pelanggan, maka:

- I. Ketua mesti membangunkan unit yang bertujuan dan tentukan arah tuju organisasi.
- II. Ketua mesti mencipta persekitaran yang menggalakkan orang bawahannya untuk mencapai objektif organisasi.

c. Libatkan orang bawahan

Organisasi bergantung kepada orang bawahan, maka:

- I. Organisasi mestilah menggalakkan penglibatan setiap pekerja pada semua pangkat/tahap.
- II. Organisasi mesti membantu pekerja untuk membangunkan dan menggunakan kebolehan masing-masing.

d. Menggunakan pendekatan proses

Organisasi lebih cekap dan berkesan bila menggunakan pendekatan proses, maka:

- I. Organisasi mesti menggunakan pendekatan proses untuk menguruskan aktiviti dan sumber-sumber berkaitan.

e. Mengambil pendekatan sistem

Organisasi lebih cekap dan berkesan bila menggunakan pendekatan sistem, maka:

- I. Organisasi mesti mengenalpasti proses-proses yang ada hubungkait dan menggunakannya sebagai satu sistem.
- II. Organisasi mesti menggunakan pendekatan sistem untuk menguruskan proses yang berkaitan antara satu proses dengan proses yang lain.

f. Menggalakan peningkatan berterusan.

Organisasi lebih cekap dan berkesan bila berterusan cuba untuk meningkatkan prestasi, maka:

- I. Organisasi mesti melakukan komitmen yang tetap secara berterusan untuk meningkatkan prestasi.

g. Dapatkan fakta sebelum membuat keputusan

Tindakan organisasi lebih baik bila keputusan dibuat berdasarkan kepada fakta, maka:

- I. Organisasi mesti membuat keputusan berdasarkan kepada analisa data dari maklumat berfakta dan mempunyai data.

h. Bekerja dengan pembekal

Organisasi bergantung kepada pembekal untuk membantu mereka meningkatkan nilai kerja ,maka:

- I. Organisasi mestilah mengekalkan hubungan menguntungkan kedua-dua pihak dengan pembekal mereka.

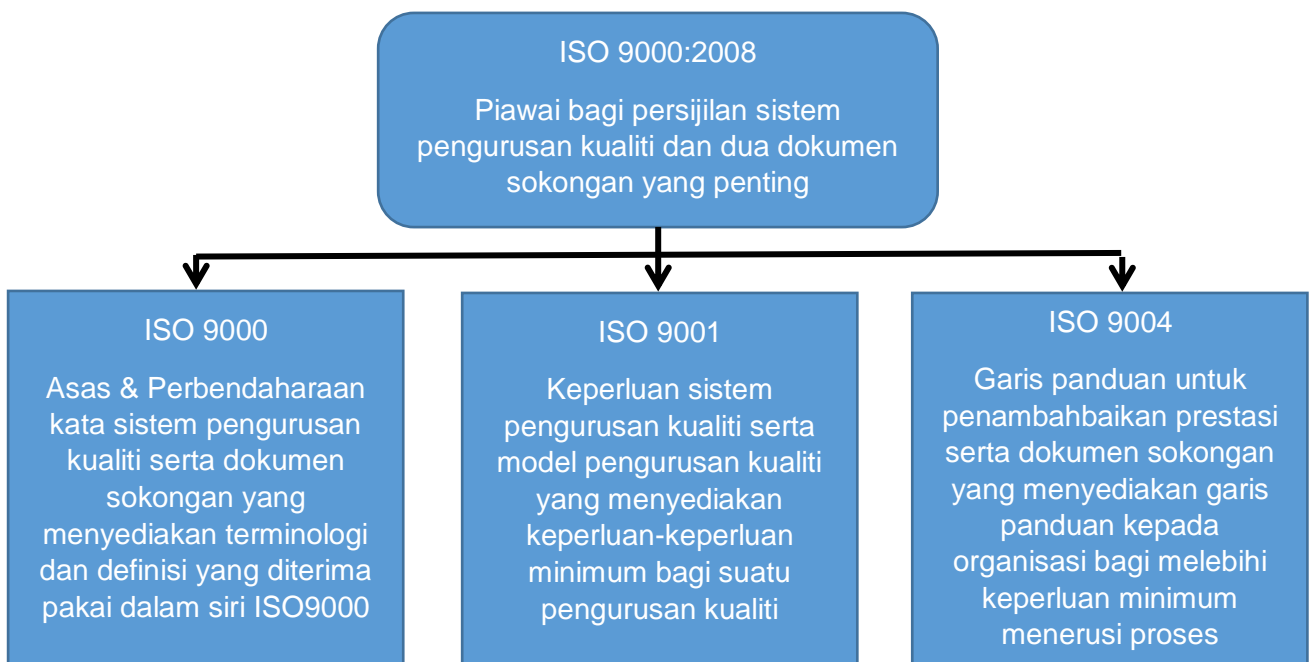
1.6.3 Siri ISO 9000:2000

Siri ini adalah bertujuan untuk membantu organisasi dalam operasi dan implementasi sistem-sistem pengurusan kualiti dengan lebih efektif. Siri ini mengandungi hanya tiga dokumen iaitu :

- I. ISO 9000 – Konsep dan terminologi sistem kualiti (*Fundamentals and Vocabulary*).
- II. ISO 9001 – Keperluan sistem pengurusan kualiti (*Quality Management System Requirements*).
- III. ISO 9004 – Garis panduan bagi penambahbaikan prestasi sistem kualiti (*Guidelines for Performance Improvement*).

1.6.4 Siri ISO 9000:2008

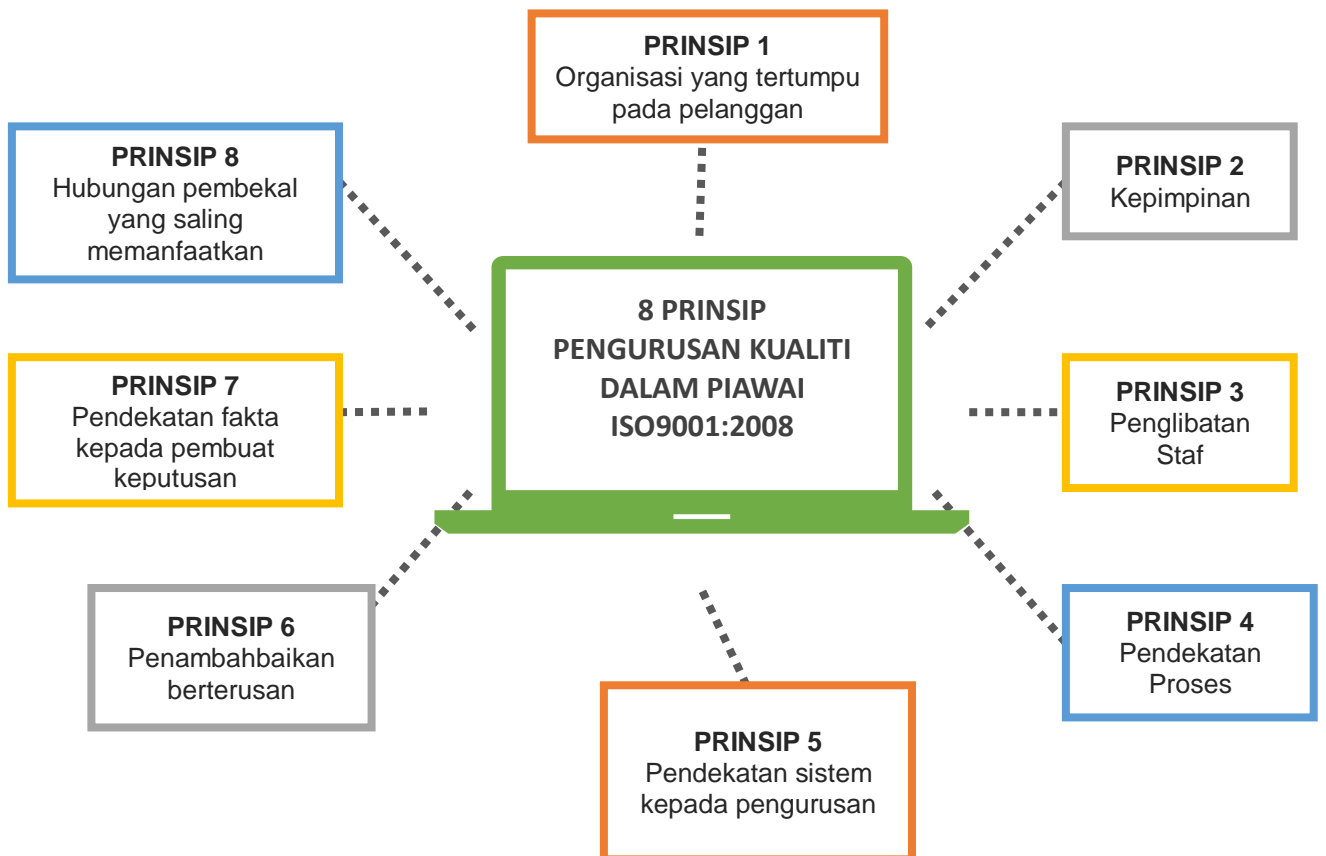
- Satu piawai bertulis yang menjelaskan garis panduan dan keperluan asas dalam satu sistem pengurusan kualiti.
- Sistem kerja yang terancang berasaskan keperluan piawaian antarabangsa.
- Sistem kerja yang terancang akan mempunyai proses-proses yang dikenalpasti, proses-proses tersebut didokumenkan, dilaksanakan dan dikawal.
- Sistem tersebut akan menghasilkan produk dan perkhidmatan yang konsisten kualitinya.



Rajah 2: Carta ISO9000:2008



Rajah 3: Elemen Siri ISO9000:2008



Rajah 4: Prinsip Pengurusan Kualiti ISO9001:2008

1.6.7 Siri ISO 9000:2009

Siri ISO 9004:2009 merupakan siri kemaskini dari siri ISO 9001:2008 yang memberi panduan untuk pengurusan meningkatkan amalan sistem pengurusan kualiti dalam organisasi. Ia juga mengandungi maklumat mengenai urusan bagi penambahbaikan dan kejayaan yang berterusan. Dalam siri ini manfaat merangkumi pelanggan dan juga pemilik organisasi itu sendiri.

1.6.8 Kebaikan Perlaksanaan ISO 9000

1. Mewujudkan satu sistem pengurusan yang teratur dan sistematik dari segi kawalan dokumentasi, prosedur kerja, prosedur kerja, prosedur kualiti, dan juga kawalan rekod-rekod kualiti.
2. Melahirkan organisasi yang berdaya saing dalam bidang-bidang yang diceburi.
3. Melalui ISO 9000 satu sistem pengurusan yang bertanggungjawab dapat diwujudkan iaitu dengan cara perancangan yang teratur, pernyataan objektif yang jelas dan sistem komunikasi yang baik.
4. Pengurusan dari segi pembangunan sumber manusia, kemudahan infrastruktur (bangunan, peralatan dan khidmat sokongan) serta persekitaran kerja dapat dipantau dengan sistematik.
5. ISO 9000 boleh menggalakan penambahbaikan berterusan (continuous improvement)
6. Mewujudkan sistem kerja berkumpulan (teamwork) untuk menjamin kepuasan pelanggan (customer satisfaction).
7. Mengawal proses pengeluaran dari segi pengurangan defektif produk.
8. Melalui sistem kualiti ISO 9000, tindakan pencegahan dapat dikenalpasti.

1.6.9 Keburukan/Kelemahan Pelaksanaan ISO 9000

1. Peruntukan kos untuk pengekalan sistem
2. Memerlukan peruntukan masa untuk mendapatkan persijilan
3. Pembangunan sesuatu sistem mengambil masa
4. Kakitangan sukar berubah
5. Sukar untuk dilaksanakan
6. Banyak dokumentasi
7. Sukar mengekalkan semangat dalam untuk pelaksanaan sistem.

TUTORIAL

1. Cuba terangkan maksud kualiti yang anda faham dalam konteks:-
 - (i) Peniaga Ikan di Pasar
 - (ii) Pembekal Barangan Mesin
 - (iii) Tukang Jahit Baju
 - (iv) Penyedia Makanan Segera
2. Nyatakan dan bincang perbezaan antara kualiti dan penambahbaikan kualiti
3. Bincangkan dan berikan contoh yang sesuai tentang dimensi-dimensi kualiti
4. Apa yang faham tentang pelanggan dalaman dan luaran
5. Bincangkan apakah fungsi kawalan kualiti, kepastian kualiti dan penambahbaikan kualiti.
6. Apakah kepentingan pelaksanaan ISO.
7. Bincangkan kebaikan terhadap pelaksanaan ISO dengan memberi satu contoh yang sesuai.
8. Kualiti boleh diukur melalui sembilan dimensi, bincangkan dengan contoh yang sesuai.
9. Nyatakan perbezaan antara pelanggan dalaman dan luaran dalam sesebuah syarikat.
10. Apakah fungsi pelanggan dalaman dan luaran, bincangkan.

1.7 ASAS STATISTIK

- (i) Statistik asas merupakan satu teknik matematik untuk memproses, menyusun, menganalisa dan membuat kesimpulan tentang data yang berbentuk kuantitatif.
- (ii) Dalam ujian dan pemeriksaan, kaedah statistik digunakan untuk membuat analisis dan kesimpulan.
- (iii) Data yang di cerap ini biasanya tidak disusun dengan teratur.
- (iv) Untuk memudahkan kita merujuk kepada data ini, ia seharusnya direkodkan secara teratur dan sistematik.

1.7.1 MIN

Min adalah perjumlahan nilai pencerapan di bahagikan dengan bilangan pencerapan.

Contoh:-

Seorang juruteknik memeriksa nilai rintangan pada 5 biji rintangan adalah seperti berikut:-

$X_1 = 3.35 \Omega$, $X_2 = 3.37$, $X_3 = 3.28$, $X_4 = 3.34$ dan $X_5 = 3.30$

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n} \\ &= \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{5} \\ &= \frac{3.35 + 3.37 + 3.28 + 3.34 + 3.30}{5} \\ &= \underline{\underline{3.35 \Omega}}\end{aligned}$$

1.7.2 JULAT

Julat ialah perbezaan nilai tertinggi dengan nilai terendah dalam pencerapan. Ini boleh dilihat dalam formula berikut:-

$$R = X_h - X_i$$

Dimana:- R = Julat

X_h = Nilai Tertinggi

X_i = Nilai Terendah

Contoh:-

Di dapati bahawa kos baikpulih untuk tempoh setahun ialah yang tertinggi sebanyak RM2536.00 manakala kos terendah ialah RM1965.00. Dapatkan nilai julat kos ?

$$\begin{aligned} R &= X_h - X_i \\ &= 2536 - 1965 \\ &= \underline{\underline{RM571.00}} \end{aligned}$$

1.7.3 SISIHAN PIAWAI

Merupakan indeks serakan bagi sesuatu taburan skor. Sisihan piawai menunjukkan jumlah purata sesuatu nilai atau skor individu tersisih daripada skor min dalam sesuatu taburan.

(i) Untuk Data Terkumpul

S = Sampel Sisihan Piawai

X_i = Nilai Cerapan

\bar{X} = Purata

n = Bilangan Nilai Cerapan

Formula :-

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Contoh:-

X_i	$X_i - \bar{x}$	$(X_i - \bar{x})^2$
3.2	+0.2	0.04
2.9	-0.1	0.01
3.0	0.0	0.00
2.9	-0.1	0.01
3.1	+0.1	0.01
2.9	-0.1	0.01
$\bar{x} = 3.0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0.08$

(ii) Untuk Data Tak Terkumpul

S = Sampel Sisihan Piawai

X_i = Nilai Cerapan

\bar{X} = Purata

n = Bilangan Nilai Cerapan

Contoh:-

Hitungkan sisihan piawai untuk data pengukuran segulung kain dalam satu proses pembuatan (bacaan ialah dalam cm). Keputusan untuk 6 bacaan yang dibuat ialah 6.7, 6.0, 6.4, 6.4, 5.9 dan 5.8.

Formula:

$$s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}{n(n-1)}}$$

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{6 \{ [6.7^2] + [6^2] + [6.4^2] + [6.4^2] + [5.9^2] + [5.8^2] \} - \{ [6.7 + 6 + 6.4 + 6.4 + 5.9 + 5.8] \}^2}{6(6-1)}} \\ &= \underline{\underline{0.35\%}} \end{aligned}$$

Contoh:

Kuantiti produk dalam proses pengeluaran dalam masa satu bulan direkodkan seperti jadual di bawah:

840	830	260	550	340	350
240	600	840	630	840	250
840	250	450	250	580	340
570	700	750	540	560	350

Dapatkan:-

- (i) Purata dalam sebulan / The average monthly production
- (ii) Median / The median monthly production
- (iii) Mode pengeluaran / The mode monthly production
- (iv) Julat / The range
- (v) Sisihan Piawai / The Standard Deviation

Penyelesaian:-

(i) $\frac{12770}{24} = \underline{532.08}$

(ii) $\frac{550 + 560}{2} = \underline{555}$

(iii) **520**

(iv) $840 - 240 = \underline{600}$

(v)

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

$$= \sqrt{\frac{1107663}{24 - 1}}$$

$$= \underline{219.45}$$

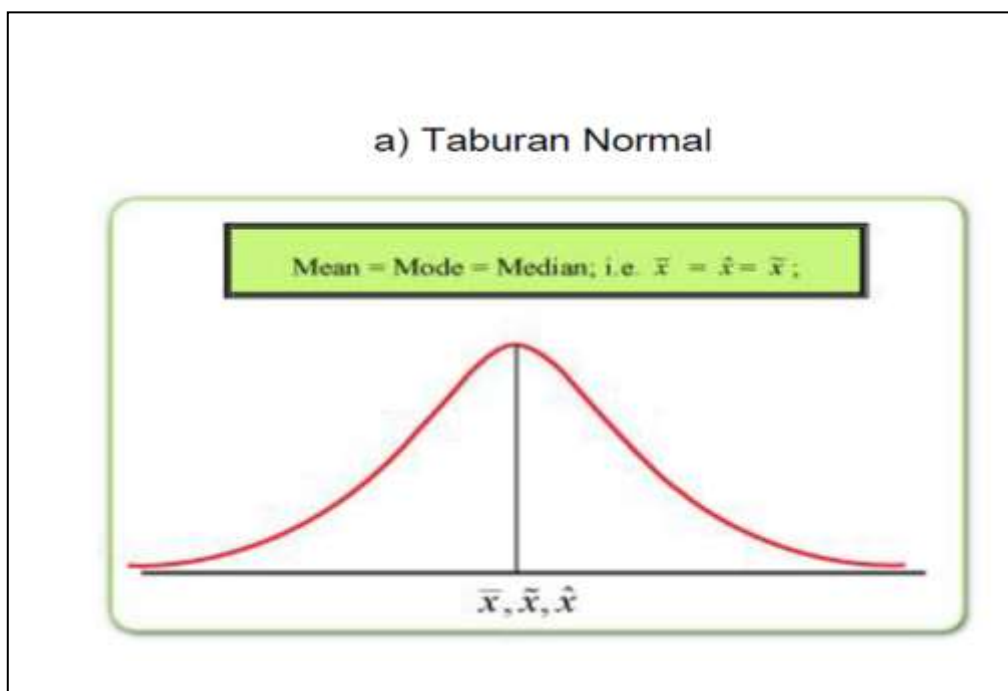
Xi	Xi - X	(Xi - X)	580	48.75	2376.563
240	-291.25	84826.56	600	68.75	4726.563
250	-281.25	79101.56	630	98.75	9751.563
250	-281.25	79101.56	700	168.75	28476.56
250	-281.25	79101.56	750	218.75	47851.56
260	-271.25	73576.56	830	298.75	89251.56
340	-191.25	36576.56	840	308.75	95326.56
340	-191.25	36576.56	840	308.75	95326.56
350	-181.25	32851.56	840	308.75	95326.56
350	-181.25	32851.56	840	308.75	95326.56
450	-81.25	6601.563	531.25	0	1107663
540	8.75	76.5625			
550	18.75	351.5625			
560	28.75	826.5625			
570	38.75	1501.563			

1.7.4 DATA FREKUENSI

Data yang diperolehi semasa menjalankan tinjauan biasanya tidak tersusun dan susah untuk dikaji. Untuk tujuan kajian dan laporan, semua data harus disusun dan dikumpulkan dalam kelas yang tertentu. Contohnya, mengikut jantina, umur, pendapatan, bilangan ahli dalam keluarga, keuntungan dan sebagainya. Hasil mengagihkan data kepada kelas yang berlainan dalam bentuk jadual dinamakan penjadualan. Oleh itu, frekuensi taburan terkumpul adalah satu jadual yang menyusun data-data ke dalam beberapa kelas, iaitu ke dalam kumpulan nilai yang menjelaskan satu ciri data. Penjadualan membantu menyusun dan mengemas data supaya maklumat lebih mudah untuk difahami. Penjadualan data merupakan bagaimana pengumpulan maklumat dapat dicantum menjadi satu bahan yang boleh diguna pakai.

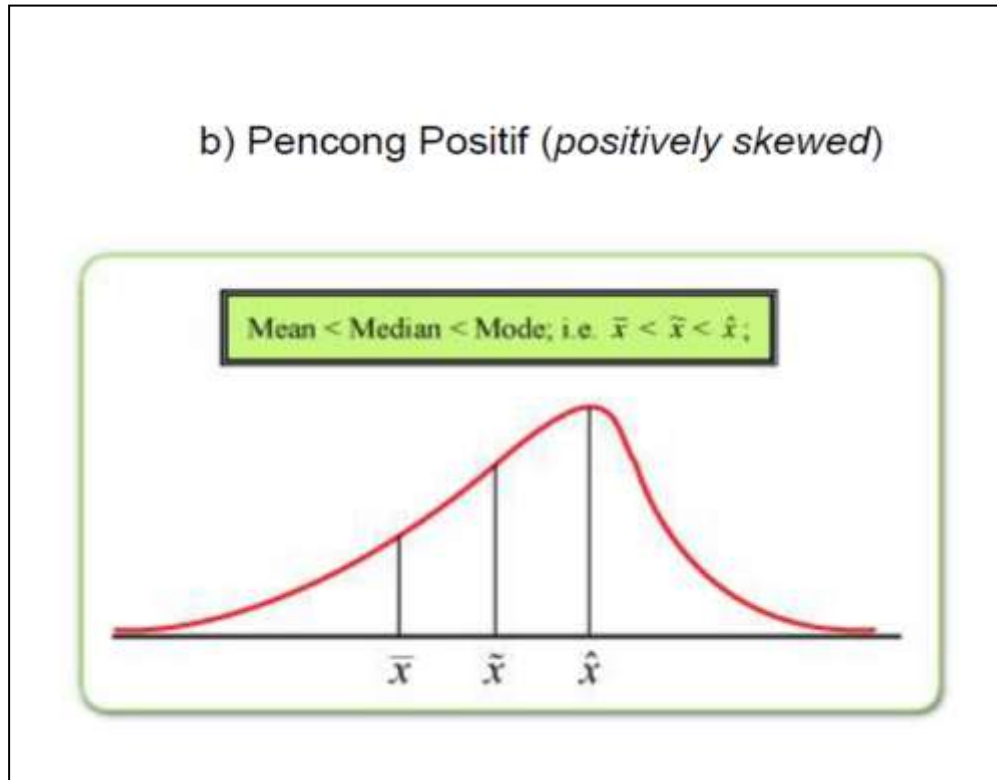
1.7.5 TABURAN NORMAL

- (i) Lengkung taburan normal berbentuk loceng jika skor-skoranya bertaburan normal.
- (ii) Kawasan di bawah lengkung mewakili semua skor (100%) dimana 50% daripada skor berada di atas min dan 50% daripada skor pula berada di bawah min.
- (ii) Kebanyakan skor berhampiran dengan min dan semakin jauh sesuatu skor daripada min bermaksud kurangnya bilangan calon yang memprolehi skor tersebut.



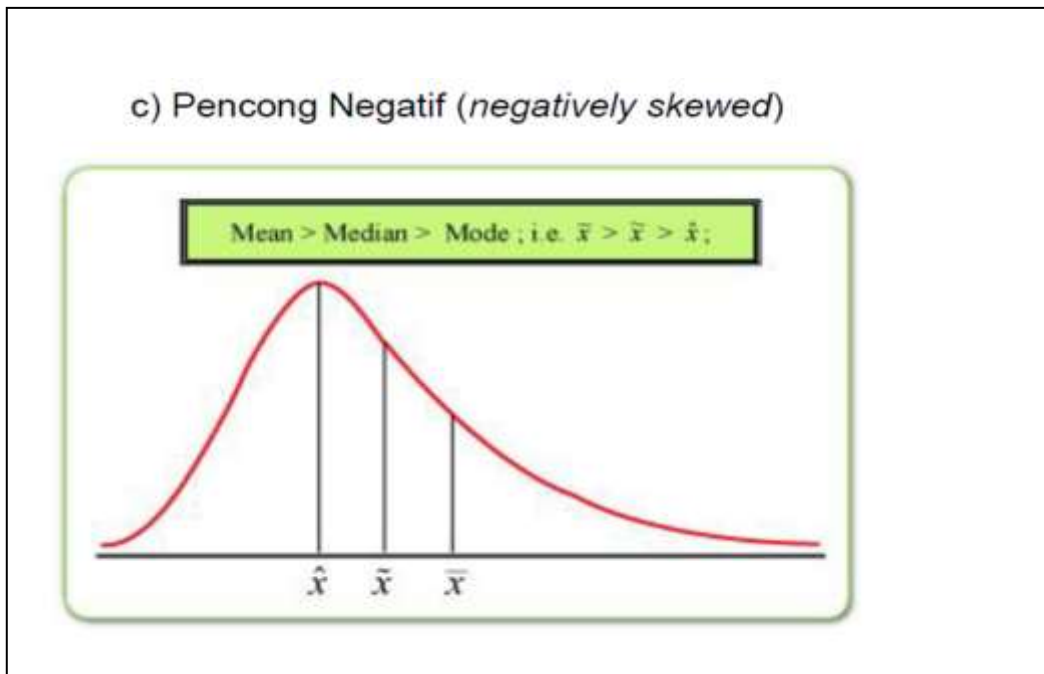
1.7.6 Taburan Pencong Positif

- (i) Berlaku apabila skor median dan mod adalah lebih kurang daripada min, taburan skor akan terpesong ke sebelah kiri.
- (ii) Contohnya: Taburan pencong positif merujuk kepada susunan ketiga-tiga ukuran kecenderungan memusat dari kiri ke kanan ialah: pertama, mod, iaitu nilai terendah; kemudian, median, iaitu nilai tengah; dan akhirnya, min, iaitu nilai tertinggi.



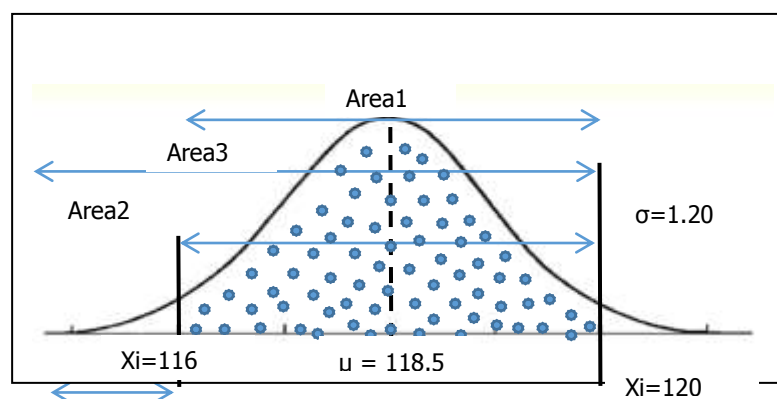
1.7.7 Taburan Pencong Negatif

- (i) Jika skor median dan mod lebih besar daripada min, taburan skor itu akan terpesong ke sebelah kanan (pencongan negatif).
- (ii) Bagi taburan pencong negatif pula, susunan ketiga-tiga ukuran kecenderungan memusat dari kiri ke kanan adalah: pertama, min, iaitu nilai terendah; kemudian, median, iaitu nilai tengah; dan akhirnya, mod, iaitu nilai tertinggi.



Contoh 1:-

Satu pemantauan pengujian terhadap nilai voltan ke rumah kediaman menunjukkan nilai min 118.5v dan nilai sisihan piawainya ialah 1.20v. Hitungkan peratus nilai antara 116 dan 120v. Berdasarkan kes ini, lakarkan lengkung normal.



$$Z_{u1} = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

$$= \frac{120 - 118.5}{1.20}$$

$$= \underline{\underline{+1.25}}$$

$$Z_{l1} = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

$$= \frac{116 - 118.5}{1.20}$$

$$= \underline{\underline{-2.08}}$$

Contoh 2:-

Dalam satu pengeluaran keluli melalui satu proses pembentukan. Purata diameter untuk setiap rod adalah 3.2cm dan sisihan piawainya ialah 0.05cm. Tahap penerimaan (Acceptance Level) ialah 3.20 ± 0.06 cm. Berdasarkan kes ini, lukiskan dan labelkan bahagian-bahagian dalam lengkung normal (normal curve).

Dapatkan:-

- (i) Peratus rod rosak (scrap)
- (ii) Peratus rod yang boleh dikerja semula (reworked)
- (iii) Peratus penerimaan rod (accepted)

$$Z_{u1} = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

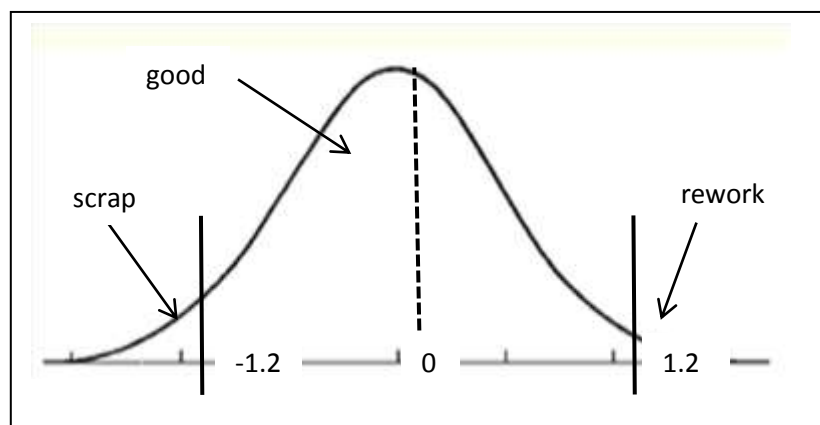
$$= \frac{3.26 - 3.2}{0.05}$$

$$= \underline{\underline{+1.20}}$$

$$Z_{l1} = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

$$= \frac{3.14 - 3.2}{0.05}$$

$$= \underline{\underline{-1.20}}$$



(i) % Reject = $P(Z < -1.2)$
 $= P(Z > 1.2)$
 $= 1 - 0.8849$
 $= \underline{\underline{0.1151}}$

$$\begin{aligned} \text{(ii)} \quad \% \text{ Reworked} &= P(Z > 1.2) \\ &= 1 - 0.8849 \\ &= \underline{0.1151} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(iii)} \quad \% \text{ Accept} &= 100\% - (\% \text{ Reject} + \% \text{ Rework}) \\ &= 100\% - (11.51 + 11.51) \\ &= \underline{76.98\%} \end{aligned}$$

TUTORIAL

1. Berikan tafsiran :

- i. Min
- ii. Julat
- iii. Median
- iv. Sisishan Piawai

2. Calculate the average and standard deviation for the following sample data:

6.0 5.9 6.0 6.0 5.9

5.9 6.0 5.9 6.0 5.8

6.0 5.9 6.0 5.7 5.9

3. AXD Health Sdn. Bhd. produces 1500 bottles of cough syrups per day with an average volume of 250 ml and standard deviation 0.0542. Calculate the percentage of cough syrup that is more than 250.025 ml.

(calculate the z value up to 4 decimal points and use interpolation method to obtain the accurate answer)

4. Steel Works Co. produces 10 000 pieces of metal sheet daily with an average thickness of 6 mm and standard deviation of 0.5. Calculate the percentage thickness of metal sheet that is

- i. More than 7.3 mm
- ii. Less than 5.4 mm

5. The following data shows the length of products obtained from a sample of a population..

26 47 40 34 43 30 53 22 38 32 35 32 40

23 44 37 27 40 52 61 20 34 60 44 38 50

- i. Build a frequency distribution table consisting of the class data, frequency, class boundary and class midpoint
- ii. Calculate the range of the grouped data.
- iii. Calculate the mean of grouped data

BAB 2: CARTA KAWALAN PEMBOLEHUBAH

2.0 SEBAB PELUANG (KEMUNGKINAN) DAN SEBAB YANG DAPAT DITENTUKAN

Kebolehubahan (variability) wujud secara semulajadi sentiasa berlaku di dalam mana-mana proses pengeluaran, tidak kira sebaik mana ianya dirancang atau dijaga dengan rapi. Kebolehubahan semula jadi ini adalah merupakan kesan kumulatif dari banyak sebab-sebab yang kecil, yang mana pada dasarnya ia tidak dapat dielakkan. Dalam kerangka kawalan kualiti statistik, kebolehubahan semula jadi ini sering disebut “penyebab peluang kestabilan sistem.” Proses yang dijalankan hanya dengan kehadiran variasi penyebab peluang dikatakan proses itu berada dalam kawalan statistik. Dengan kata lain, penyebab peluang atau kemungkinan ini adalah wujud sebahagian daripada proses.

Terdapat jenis kebolehubahan lain dalam hasil proses. Kebolehubahan dalam ciri kualiti utama ini biasanya timbul dari tiga sumber iaitu mesin tidak diselaraskan atau dikawal dengan betul, kesalahan pengendali, atau bahan mentah yang rosak. Kebolehubahan ini adalah lebih besar kesannya jika dibandingkan dengan kebolehubahan semulajadi, dan biasanya ia mewakili tahap prestasi proses yang tidak dapat diterima. Kebolehubahan ini dirujuk sebagai penyebab variasi yang dapat ditentukan. Proses yang beroperasi dengan kehadiran sebab yang boleh diatasi ini dikatakan sebagai proses di luar kawalan.

Sebab Peluang (<i>chance causes</i>¹)	Punca kebolehubahan dalam proses pengukuran yang berlaku secara rawak dan tidak dapat diramalkan dan atas sebab yang tidak diketahui.
Sebab yang dapat Ditentukan (<i>assignable causes</i>²)	Mana-mana faktor yang dapat dikenal pasti yang menyebabkan variasi dalam proses di luar had yang diramalkan, sehingga mengubah kualiti.



Adakah anda tahu...

Terminologi “sebab peluang” dan “sebab yang dapat ditentukan” ini telah dikembangkan oleh Shewhart. Terdapat sebilangan penulis menggunakan istilah sebab umum (*common cause*) bagi sebab peluang dan sebab khusus (*special causes*) bagi sebab yang dapat ditentukan.

Jadual 1: Perbezaan antara Sebab Peluang dan Sebab yang Ditetapkan³

	Sebab Peluang (<i>Chance Causes</i>)	Sebab yang Ditetapkan (<i>Assignable Causes</i>)
1	Terdiri daripada banyak sebab	Terdiri daripada satu atau beberapa sebab
2	Setiap satu peluang menyebabkan hasil hanya dalam variasi satu minit. (Walau bagaimanapun, banyak penyebab peluang ini bertindak secara serentak sehingga jumlah variasi peluang menjadi lebih banyak).	Mana-mana sebab yang boleh ditimbulkan yang boleh mengakibatkan banyak variasi.
3	Beberapa penyebab variasi yang tipikal adalah: <ul style="list-style-type: none"> a) Sedikit perubahan dalam bahan mentah (walaupun dalam spesifikasi) b) Getaran mesin yang ringan c) Kurangnya kesempurnaan manusia dalam membaca peralatan dan tetapan kawalan 	Beberapa sebab variasi yang biasa berlaku adalah: <ul style="list-style-type: none"> a) Kumpulan bahan mentah yang rosak b) Kesalahan pengendali yang tidak terlatih
4	Sebagai perkara yang praktikal, variasi peluang tidak dapat dihilangkan secara ekonomi dari sesuatu proses.	Kehadiran variasi yang dapat ditentukan dapat dikesan dan tindakan untuk menghilangkan penyebabnya biasanya dibenarkan.

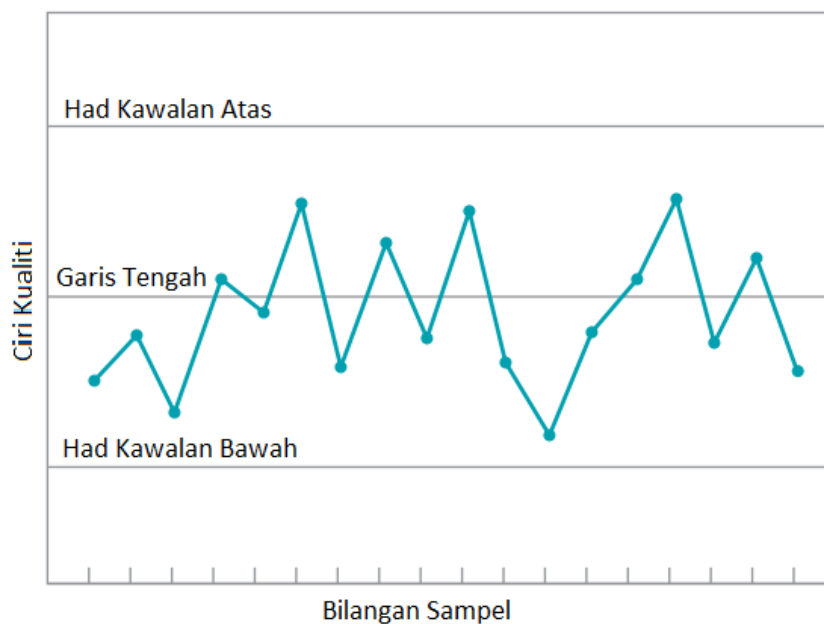
Jadual 2: Contoh-contoh Sebab Peluang dan Sebab yang Dapat Ditetapkan

Sebab Peluang (<i>Chance Causes</i>)	Sebab yang Ditetapkan (<i>Assignable Causes</i>)
<p>Prosedur yang tidak sesuai</p> <p>Reka bentuk yang lemah</p> <p>Penyelenggaraan mesin yang lemah</p> <p>Prosedur operasi standard yang kurang jelas</p> <p>Bahan mentah yang tidak berkualiti</p> <p>Kesalahan pengukuran</p> <p>Kesalahan kawalan kualiti</p> <p>Suhu dan kelembapan persekitaran</p> <p>Haus dan lusuh</p>	<p>Penyesuaian peralatan yang salah</p> <p>Pengendali tertidur atau tidak hadir</p> <p>Pengawal yang rosak</p> <p>Kerosakan mesin atau komputer</p> <p>Kekurangan bahan mentah</p> <p>Lonjakan kuasa</p> <p>Bahagian rosak</p> <p>Kesedaran tidak mencukupi</p> <p>Masa pengujian makmal yang sangat panjang</p>



2.1 CARTA KAWALAN

Carta kawalan⁴ adalah merupakan paparan grafik ciri kualiti yang telah diukur atau dihitung dari sampel berbanding nombor atau masa sampel. Carta kawalan merupakan satu alat dalam proses kawalan untuk menentukan sama ada sesuatu proses pembuatan atau proses perniagaan berada dalam keadaan statistik terkawal. Carta ini adalah grafik yang digunakan untuk mengkaji perubahan proses dari masa ke masa. Carta ini juga dikenali sebagai carta Shewhart atau carta tingkah laku proses. Data diplotkan mengikut urutan masa. Carta kawalan mengandungi garis tengah yang mewakili nilai purata ciri kualiti yang sesuai dengan keadaan kawalan. Dua garis mendatar yang lain, disebut had kawalan atas dan had kawalan bawah.



Rajah 1: Contoh Carta Kawalan

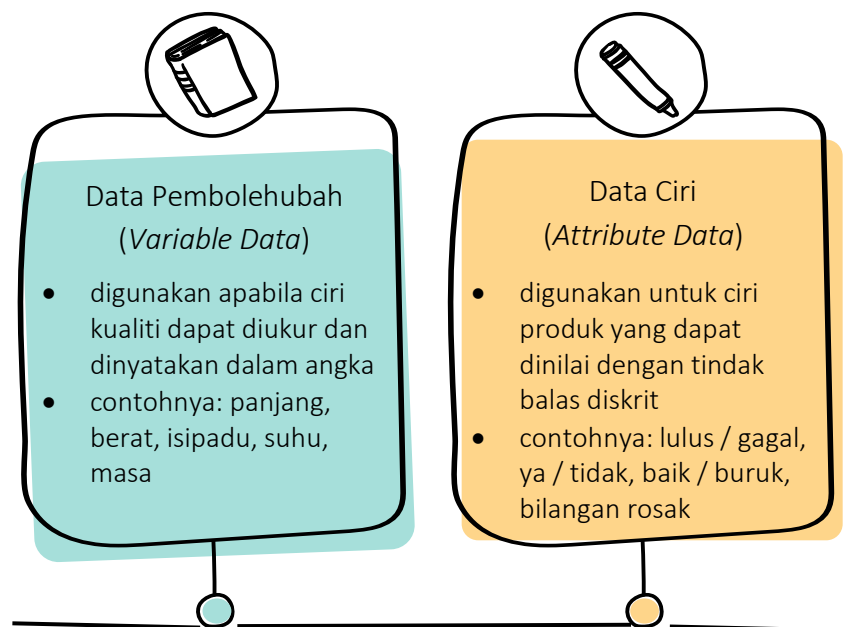
Had-had kawalan ini dipilih supaya jika suatu proses berada dalam keadaan terkawal, maka hampir semua titik sampel akan jatuh di antara mereka. Selagi titik-titik plot berada dalam had kawalan, proses tersebut dianggap berada di dalam kawalan (*in control process*), dan tidak ada tindakan pembedahan yang diperlukan. Walau bagaimanapun, jika terdapat titik yang berada di luar had kawalan maka ia ditafsirkan sebagai bukti bahawa proses itu di luar kawalan (*out of control process*), dan tindakan penyasatan dan pembedahan perlu dilakukan untuk mencari dan menghapuskan sebab peluang (*chance causes*) atau sebab yang dapat ditentukan (*assignable causes*) untuk proses tersebut.

Carta kawalan digunakan untuk meningkatkan proses. Data yang diperoleh dari proses ini juga dapat diterapkan dalam membuat ramalan tentang prestasi proses pada masa hadapan.

Umumnya

1. Sebilangan besar proses tidak beroperasi dalam keadaan kawalan statistik,
2. Penggunaan carta kawalan yang rutin dan penuh perhatian akan dapat mengenal pasti punca-punca sebab yang dapat ditentukan. Sekiranya sebab-sebab ini dapat dihilangkan dari prosesnya, kebolehubahan akan dapat dikurangkan dan prosesnya dapat diperbaiki.

Terdapat dua (2) jenis carta kawalan iaitu carta kawalan pembolehubah (*control chart for variable*) dan carta kawalan atribut (*control chart for attribute*). Carta kawalan pembolehubah dapat dikelaskan berdasarkan statistik ringkasan subkumpulan yang dicantumkan pada carta manakala carta kawalan atribut atau ciri pula merupakan data yang berterusan dan berdasarkan konsep “teori data berterusan”.

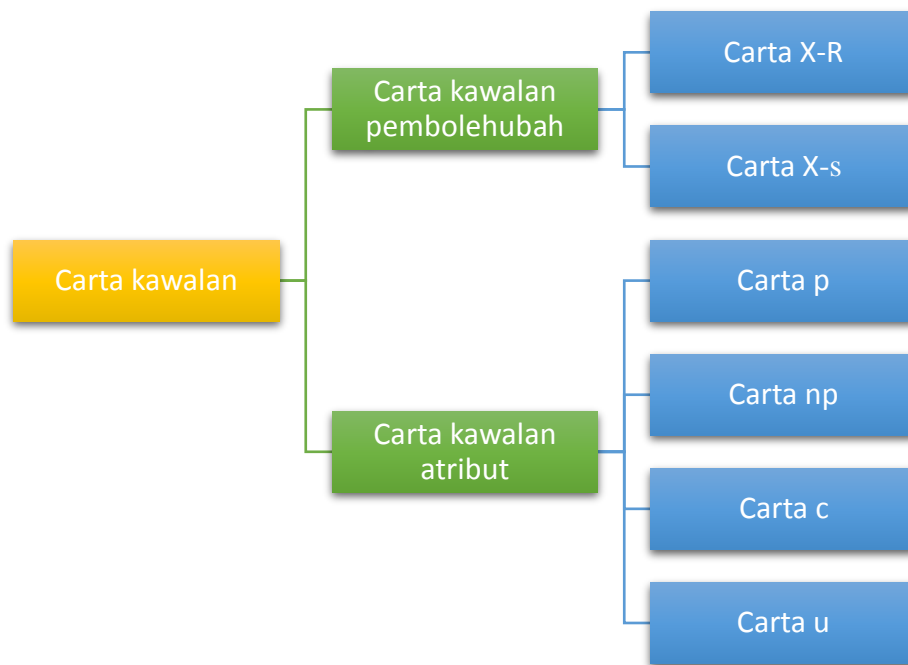


Rajah 2: Perbezaan Data Pembolehubah dan Data Ciri

Carta Kawalan Pembolehubah (*Variable Control Chart*)

Carta kawalan pembolehubah digunakan untuk menilai variasi dalam proses di mana pengukuran adalah merupakan pembolehubah atau data-data yang boleh diukur seperti masa, berat, diameter, panjang dan suhu. Terdapat dua jenis carta kawalan pembolehubah iaitu

- i. carta $\bar{X} - R$ dan
- ii. carta $\bar{X} - s$



Rajah 3: Jenis-Jenis Carta Kawalan

Jadual 3: Perbezaan antara Carta $\bar{X} - R$ dan Carta $\bar{X} - s$

	Carta $\bar{X} - R$	Carta $\bar{X} - s$
1	Carta $\bar{X} - R$ adalah gabungan carta kawalan yang digunakan untuk memantau kebolehubahan proses (sebagai julat) dan purata (sebagai min) ketika mengukur subkumpulan pada selang waktu yang tetap dari suatu proses.	Carta $\bar{X} - s$ adalah gabungan carta kawalan yang digunakan untuk memantau kebolehubahan proses (sebagai sisihan piawai) dan purata (sebagai min) ketika mengukur subkumpulan pada selang waktu yang tetap dari suatu proses.
2	Carta \bar{X} adalah sejenis carta kawalan yang digunakan untuk memantau purata proses ketika mengukur subkumpulan secara berkala dari suatu proses.	

- 3 Carta **R** adalah sejenis carta kawalan yang digunakan untuk memantau kebolehubahan proses (sebagai julat) ketika mengukur subkumpulan kecil ($n \leq 10$) pada selang waktu yang tetap dari suatu proses.
- Carta **s** adalah jenis carta kawalan yang digunakan untuk memantau kebolehubahan proses (sebagai sisihan piawai) ketika mengukur subkumpulan ($n \geq 5$) pada selang waktu yang tetap dari suatu proses.

Carta $\bar{X} - R$

Jadual 4: Formula Carta $\bar{X} - R$

	Carta \bar{X}	Carta R
Garis Tengah	$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{m}$	$\bar{R} = \frac{\sum R}{m}$
Had kawalan atas, (upper control limit, UCL)	$\bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$	$D_4 \bar{R}$
Had kawalan bawah, (lower control limit, LCL)	$\bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$	$D_3 \bar{R}$

*m – bilangan subgroup

Carta $\bar{X} - s$

Jadual 5: Formula Carta $\bar{X} - s$

	Carta \bar{X}	Carta s
Garis Tengah	$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{m}$	$\bar{s} = \frac{\sum R}{m}$
Had kawalan atas, (upper control limit, UCL)	$\bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$	$D_4 \bar{R}$
Had kawalan bawah, (lower control limit, LCL)	$\bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$	$D_3 \bar{R}$

*m – bilangan subgroup

Contoh Penyelesaian Masalah

Contoh 1:

Carta kawalan $\bar{X} - R$ digunakan untuk memantau pengukuran dimensi produk yang biasanya diukur dalam unit mm. Data dikumpul dalam 8 subkumpulan seperti Jadual 6. Kirakan had kawalan bagi $\bar{X} - R$ dari data tersebut. Data dikumpul dengan saiz sampel subkumpulan sebanyak 6. Lukiskan carta kawalan $\bar{X} - R$.

Jadual 6: Data Dimensi Produk yang Diukur dalam mm

No. Subkumpulan	\bar{X}	R
1	20.35	0.34
2	20.4	0.36
3	20.36	0.32
4	20.65	0.36
5	20.20	0.36
6	20.4	0.35
7	20.43	0.31
8	20.37	0.34
Jumlah, Σ	163.16	2.74



Penyelesaian:



Garisan Tengah

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\Sigma \bar{X}}{m} = \frac{163.16}{8} = 20.39$$

$$\bar{R} = \frac{\Sigma R}{m} = \frac{2.74}{8} = 0.34$$

Had kawalan atas,

(upper control limit, UCL)

$$\begin{aligned} & \bar{X} + A_2 \bar{R} \\ &= 20.39 + (0.483 \times 0.34) \\ &= 20.39 + 0.16 \\ &= 20.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & D_4 \bar{R} \\ &= 2.003 \times 0.34 \\ &= 0.68 \end{aligned}$$

Had kawalan

bawah, (lower control limit, LCL)

$$\begin{aligned} & \bar{X} - A_2 \bar{R} \\ &= 20.39 - (0.483 \times 0.34) \\ &= 20.39 - 0.16 \\ &= 20.23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & D_3 \bar{R} \\ &= 0 \times 0.34 \\ &= 0 \end{aligned}$$

*nilai A_2 , D_3 dan D_4 merujuk kepada jadual faktor.

Cara baca jadual

1. Lihat pada nilai saiz sampel iaitu n . Data dalam Contoh 1 menyatakan nilai $n = 6$.
2. Unjurkan garisan kepada nilai A_2 , D_3 dan D_4 di dalam jadual tersebut, maka diperolehi nilai $A_2 = 0.483$, $D_3 = 0$ dan $D_4 = 2.003$. Masukkan nilai-nilai ini ke dalam formula yang diberikan.

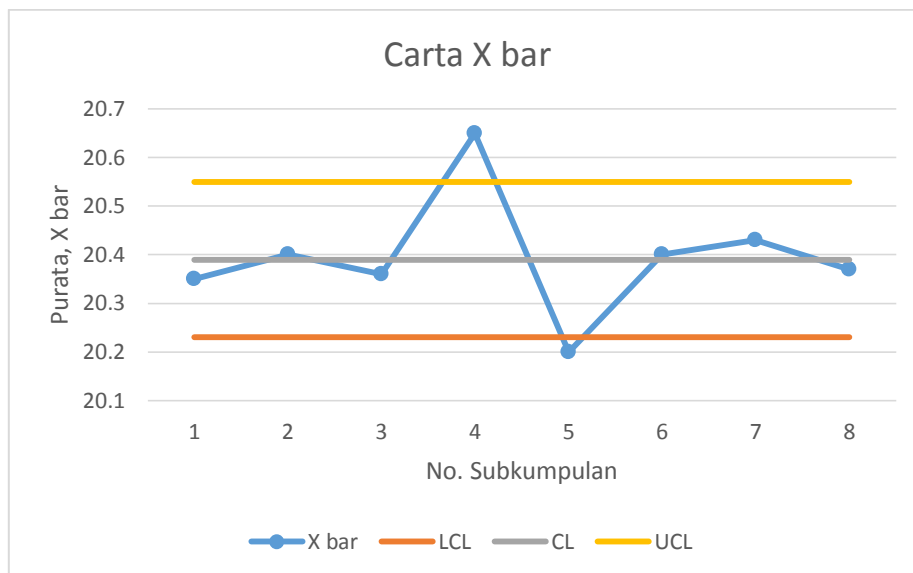
Jadual 7: Contoh Jadual Faktor Pembolehkan

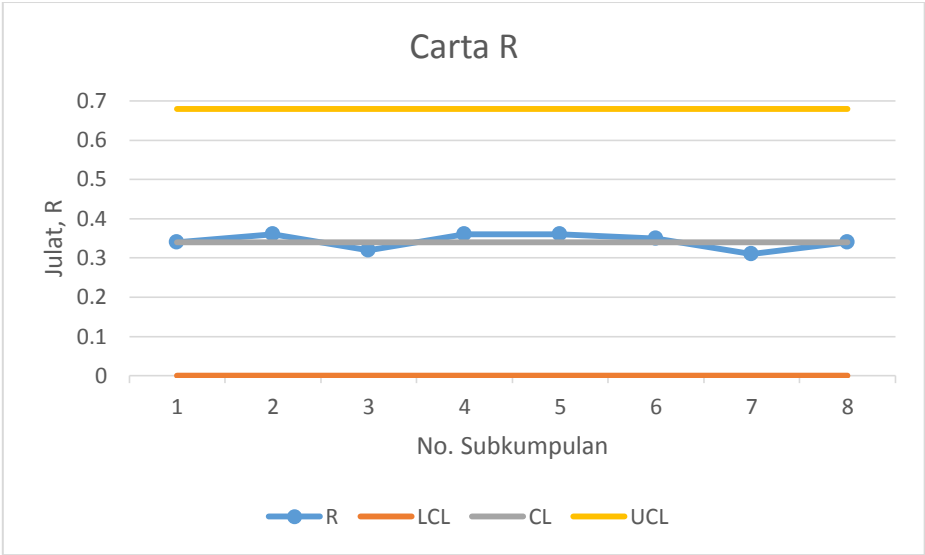
	Chart for Averages			Chart for standard deviations					Chart for Ranges						
	Factors for Control Limits			Factors for:					Factors for Central Line		Factors for Control Limits				
				Central Line	Control Limits										
n	A	A_2	A_3	c_4	B_3	B_4	B_5	B_6	d_2	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8862	0.852	0	3.686	0	3.266
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5908	0.888	0	4.357	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.879	0	4.697	0	2.281
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.003
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.206	5.203	0.076	1.924



Terdapat dua (2) graf yang perlu dilakarkan iaitu graf **Carta \bar{X}** dan graf **Carta R**.

Jadual 8: Carta \bar{X} – R bagi Contoh 1





Contoh 2

Data hasil eksperimen yang dijalankan ditunjukkan dalam **Jadual 9**. Menggunakan data dalam jadual tersebut

- Hitungkan nilai min, \bar{X} dan julat, R
- Hitungkan nilai had kawalan atas dan had kawalan bawah
- Plotkan carta kawalan

Jadual 9: Data Eksperimen dalam pH

Masa (jam)	Data Eksperimen (pH)			
1	6.99	6.99	7.00	6.89
2	6.98	7.12	7.05	6.96
3	7.00	7.18	7.08	7.04
4	7.01	6.94	6.98	7.00
5	6.90	6.99	6.93	7.01
6	6.96	7.01	7.00	7.14
7	7.04	6.92	6.82	7.01
8	7.00	6.93	7.00	6.90
9	7.01	7.00	7.02	6.92
10	7.04	7.18	6.99	6.93
11	6.91	7.01	6.90	7.00
12	7.00	6.97	6.98	7.18
13	7.00	6.89	7.00	7.03
14	7.03	7.01	7.05	6.87
15	6.97	7.00	7.00	6.98
16	7.03	6.97	7.02	6.98
17	6.99	6.89	6.87	6.99
18	6.89	6.98	6.98	6.98
19	6.98	7.00	7.00	7.02
20	7.02	7.15	6.97	6.98
21	7.02	7.08	7.08	7.00
22	6.97	7.01	6.98	7.05
23	7.01	7.04	6.99	7.08
24	6.97	7.00	6.98	6.98



Penyelesaian :

- Kirakan nilai min atau purata, \bar{X} dengan menambah setiap set data dan puratakan.

Contoh: $\frac{6.99+6.99+7.00+6.89}{4} = \frac{27.87}{4} = 6.97$

- Kirakan julat, R dengan menolakkan nilai tertinggi dengan nilai yang terendah dalam setiap set.

Contoh: $7.00 - 6.89 = 0.11$

- Pengiraan diteruskan sehingga set yang terakhir

Masa (jam)	Data Eksperimen (pH)				\bar{X}	R
1	6.99	6.99	7.00	6.89	6.97	0.11
2	6.98	7.12	7.05	6.96	7.03	0.16
3	7.00	7.18	7.08	7.04	7.08	0.18
4	7.01	6.94	6.98	7.00	6.98	0.07
5	6.90	6.99	6.93	7.01	6.96	0.11
6	6.96	7.01	7.00	7.14	7.03	0.05
7	7.04	6.92	6.82	7.01	6.95	0.22
8	7.00	6.93	7.00	6.90	6.96	0.10
9	7.01	7.00	7.02	6.92	6.99	0.10
10	7.04	7.18	6.99	6.93	7.04	0.25
11	6.91	7.01	6.90	7.00	6.96	0.11
12	7.00	6.97	6.98	7.18	7.03	0.21
13	7.00	6.89	7.00	7.03	6.98	0.14
14	7.03	7.01	7.05	6.87	6.99	0.18
15	6.97	7.00	7.00	6.98	6.99	0.03
16	7.03	6.97	7.02	6.98	7.00	0.06
17	6.99	6.89	6.87	6.99	6.94	0.12
18	6.89	6.98	6.98	6.98	6.96	0.09
19	6.98	7.00	7.00	7.02	7.00	0.04
20	7.02	7.15	6.97	6.98	7.03	0.18
21	7.02	7.08	7.08	7.00	7.05	0.08
22	6.97	7.01	6.98	7.05	7.00	0.08
23	7.01	7.04	6.99	7.08	7.03	0.09
24	6.97	7.00	6.98	6.98	6.98	0.03
Jumlah, Σ					167.89	2.79



Penyelesaian:



Garisan Tengah

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{m} = \frac{167.89}{24} = 6.99$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{m} = \frac{2.79}{24} = 0.12$$

Had kawalan atas,

(upper control limit, UCL)

$$\begin{aligned} & \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \\ &= 6.99 + (0.729 \times 0.12) \\ &= 6.99 + 0.09 \\ &= 7.08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & D_4 \bar{R} \\ &= 2.282 \times 0.12 \\ &= 0.27 \end{aligned}$$

Had kawalan

bawah, (lower control limit, LCL)

$$\begin{aligned} & \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \\ &= 6.99 - (0.729 \times 0.12) \\ &= 6.99 - 0.09 \\ &= 6.87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & D_3 \bar{R} \\ &= 0 \times 0.12 \\ &= 0 \end{aligned}$$

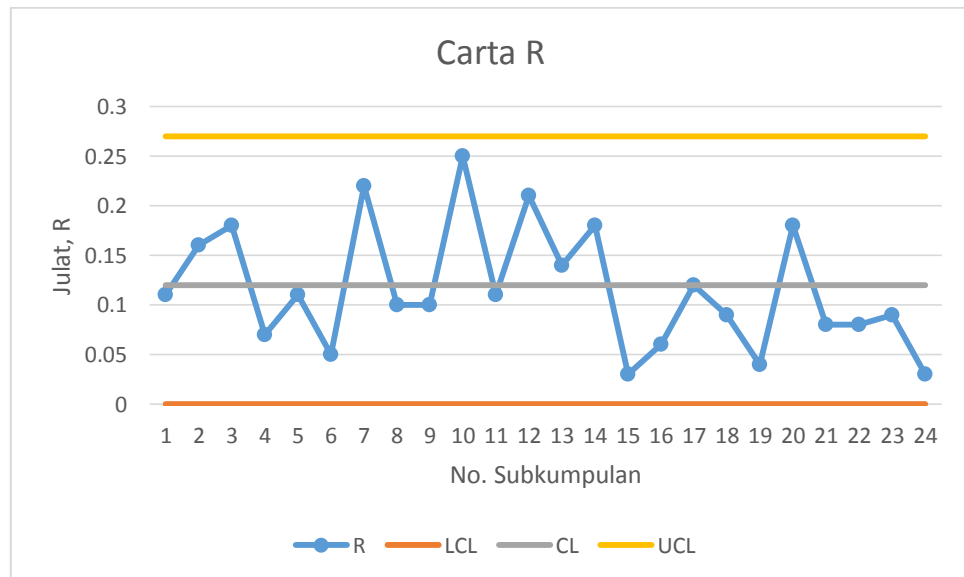
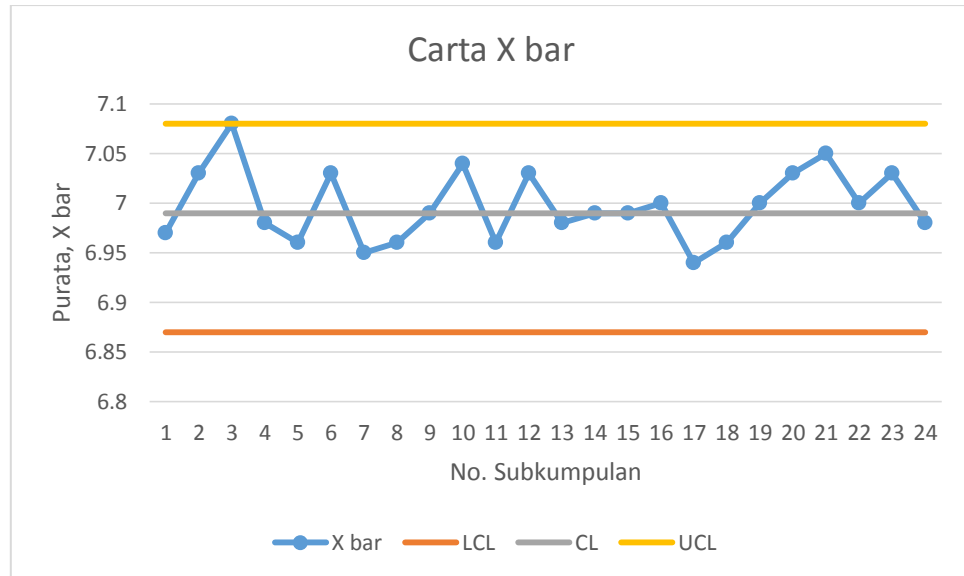
*Pada nilai n = 4; rujuk jadual faktor untuk mendapatkan nilai A_2 , D_3 dan D_4 .



Lakaran graf

Terdapat dua (2) graf yang perlu dilakarkan iaitu graf **Carta \bar{X}** dan graf **Carta R** .

Jadual 10: Carta \bar{X} – R bagi Contoh 2



RUJUKAN

1. Chance cause. (n.d.) *McGraw-Hill Dictionary of Scientific & Technical Terms, 6E.* (2003). Retrieved August 4 2021 from <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/chance+cause>
2. Assignable cause. (n.d.) *McGraw-Hill Dictionary of Scientific & Technical Terms, 6E.* (2003). Retrieved August 4 2021 from <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/assignable+cause>
3. N.D. *Distinction Between Chance and Assignable Causes of Variation (Metrology).* [online] Available at: <<https://what-when-how.com/metrology/distinction-between-chance-and-assignable-causes-of-variation-metrology/>> [Accessed 4 August 2021].
4. Douglas C., M., 2019. *Introduction to Statistical Quality Control.* 8th ed. JOHN WILEY AND SONS INC.
5. *Control Charts | Types Of Control Charts and Features.* BYJUS. (2021). Retrieved 9 August 2021, from <https://byjus.com/maths/control-charts/>.
6. Besterfield, D. (2014). *Quality control.* Pearson.
7. Heizer, J., Render B. (2006). *Production and Operation Management.* Prentice Hall
8. Krajewski, L. J., Malhotra, M. K., &Ritzman, L. P. (2019). *Operations management.* New York, NY: Pearson.

Terbitan



e ISBN 978-967-0855-88-2

