Prepared By:

PRODUCTIVITY &
QUALITY MANAGEMENT
CONSULTANTS

Enhancing Product Quality through
Statistical Process Control

Jakarta, 23-24 Juli 2024

Prepared by : **PQM Consultants**

Jl. Cempaka Putih Tengah XVII C No 7A
Jakarta

PQM Consultants merupakan lembaga konsultasi, pelatihan dan riset dengan spesialisasi di bidang **peningkatan produktivitas dan kualitas melalui sumber daya manusia.**

Didirikan pada tahun 1987, PQM Consultants menjalin kerjasama dengan para klien dari berbagai bidang industri.

PQM Consultants memiliki komitmen penuh untuk memberikan pelayanan kepada para klien dengan **penuh integritas, kejujuran dan keterbukaan.**

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Jasa Konsultasi dan Training yang Kami Miliki:

- Productivity & Quality Management
- Human Capital Development
- Service Excellence

Sasaran Program

Program Statistical Process Control (SPC) yang akan dijalankan diharapkan peserta dapat :

- Memahami konsep dasar SPC dan manfaatnya dalam menjaga kestabilan proses
- Memahami sumber-sumber variabilitas di dalam proses (common cause variation vs. special cause variation)
- Mampu Menyusun rencana pengendalian proses di tempat kerja
- Mampu Menyusun baseline pengontrolan proses menggunakan Variable Control Chart dan Attribute Control Chart
- Mampu melakukan real time control process dan menganalisa abnormality proses (mengidentifikasi penyimpangan proses secara dini) dan mengidentifikasi peluang perbaikan proses
- Mampu menganalisa sejauh mana proses memenuhi persyaratan pelanggan (Process Capablity Analysis)
- Mampu membuat keputusan yang tepat berdasar data hasil pengontrolan proses

Agenda Program – Hari 1

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Waktu	Topik	Tujuan	Topik Detail
08.00 – 12.00	SPC – Pengenalan Statistik dasar	• Peserta memahami konsep SPC dan Manfaat di dalam Industry • Peserta memahami konsep dasar statistika dan pengukuran dalam operation	• Pengantar SPC: Definisi, Manfaat • Pengertian data dan jenis data • Pengukuran dalam statistik
	Proses Control	Peserta memahami proses-proses yang perlu dicontrol	• Langkah-langkah identifikasi Proses yang akan dikontrol • Flowchart Process • Identifikasi Parameter Proses Kritis
13.00 – 16.30	Control Chart	Peserta memahami control chart sebagai tools untuk mengontrol prosess	• Control limit Vs. Specification Limit • Jenis control Chart
	SPC Tools – Control Chart untuk data variable / kontinyu	Peserta memahami penggunaan alat bantu control chart untuk data variable / kontinyu dan interpretasi data	• Variable Control Chart : Xbar-R Chart, X bar – S Chart Formula, I-MR Chart • Latihan menggunakan Control Chart dengan Excel / Minitab

Agenda Program – Hari 2

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Waktu	Topik	Tujuan	Topik Detail
08.00 – 12.00	Capability Process	Peserta memahami pengukuran dalam capability proses	• Pengertian Process Capability • Pengukuran Proses dengan Cp,Cpk. Cpm • Latihan menggunakan Control Chart dengan Excel / Minitab
	SPC Tools – Control Chart untuk data attribute / diskrit	Peserta memahami penggunaan alat bantu control chart untuk data variable / kontinyu dan interpretasi data	• Attribute Control Chart : p-Chart dan np-Chart, u-Chart, c-Chart • Latihan menggunakan Control Chart dengan Excel / Minitab
13.00 – 16.30	Interpretasi Data Control Chart	Peserta memahami penggunaan alat bantu control chart untuk data variable / kontinyu dan interpretasi data	• Interpretasi data pada Control Chart : Special Cause dan Common cause • Interpretasi data berdasarkan Nelson Rules
	Problem Solving in process control	Peserta memahami apa yang harus dilakukan jika menemukan abnormality	• SPC Plan • Monitoring • Problem solving

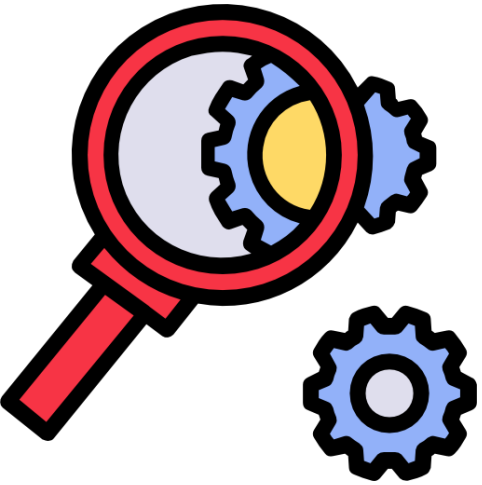
Pengantar SPC

STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC)

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

DEFINISI: (PQM)

SPC adalah suatu metode **pengendalian proses** dengan **menggunakan data dan teknik statistik** untuk menjaga **kestabilan proses** agar memenuhi persyaratan pelanggan



STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC)

- Lingkungan , Sistem , Proses adalah **DINAMIS**
- Selalu Berubah dengan **Variasi**

Tujuan dari Statistik untuk **mengerti variasi**, sehingga bisa disiapkan **tindakan yang tepat** untuk merespon Variasi tersebut

Mengapa Perlu Mengontrol Proses?

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

PRODUK/JASA SESUAI SPESIFIKASI

↑

PARAMETER PROSES TERKONTROL

PRINSIP DASAR SPC

- Dependent
- Output
- Effect
- Symptom

- Independent
- Input
- Cause
- Problem

$$Y = f(X)$$

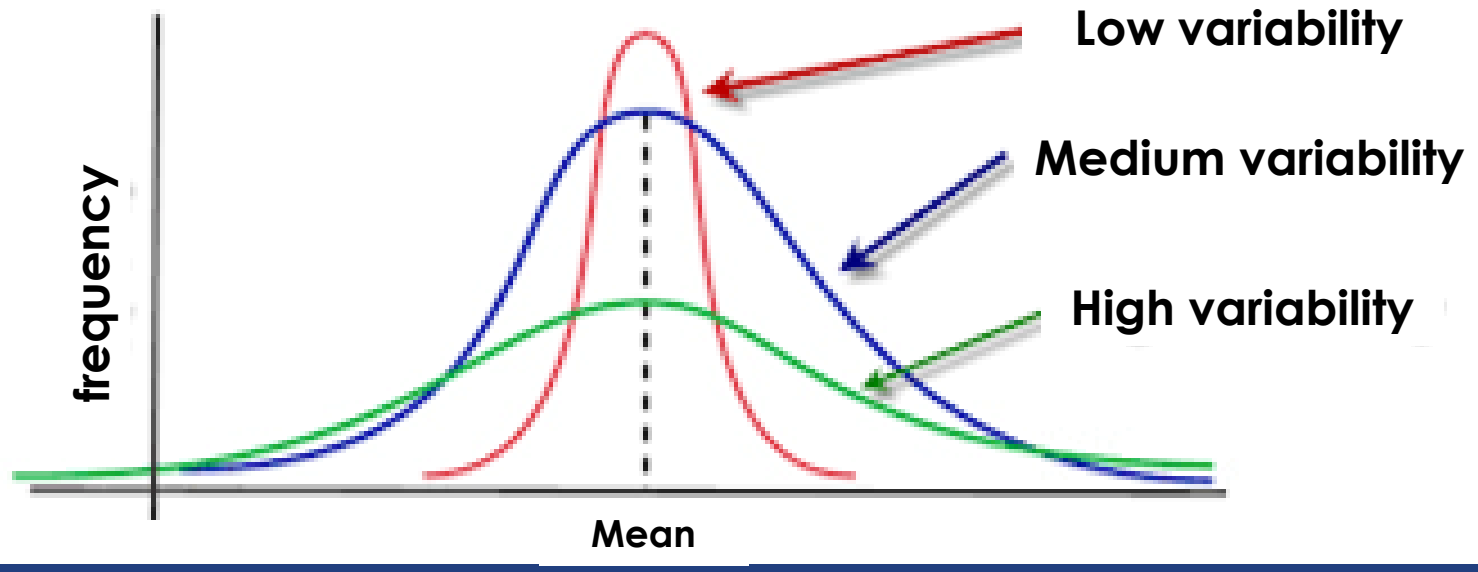
Jika kita mengontrol X 's dengan baik, maka Y akan tercapai

VARIABILITY

DEFINISI:

- Variability atau variabilitas adalah ketidakseragaman parameter proses atau parameter produk

  Misal: berat produk, temperature, tekanan, dll
- Variability atau variabilitas ini bisa berada di dalam batas spesifikasi atau melebihi batas spesifikasi



Variasi Data

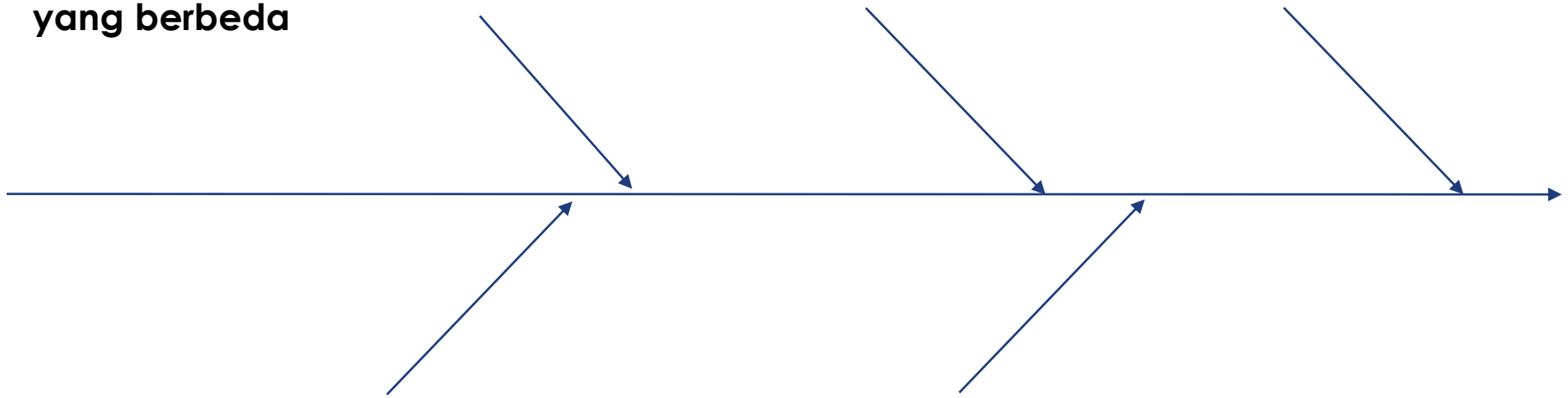
Sekumpulan data **tidak akan** memiliki **nilai** yang **selalu sama**

? Mengapa

- **Mesin 1 dan mesin 2 memiliki output berbeda**
- **Tingkat ketelitian alat ukur yang berbeda**

Cara pengerjaan operator yang berbeda

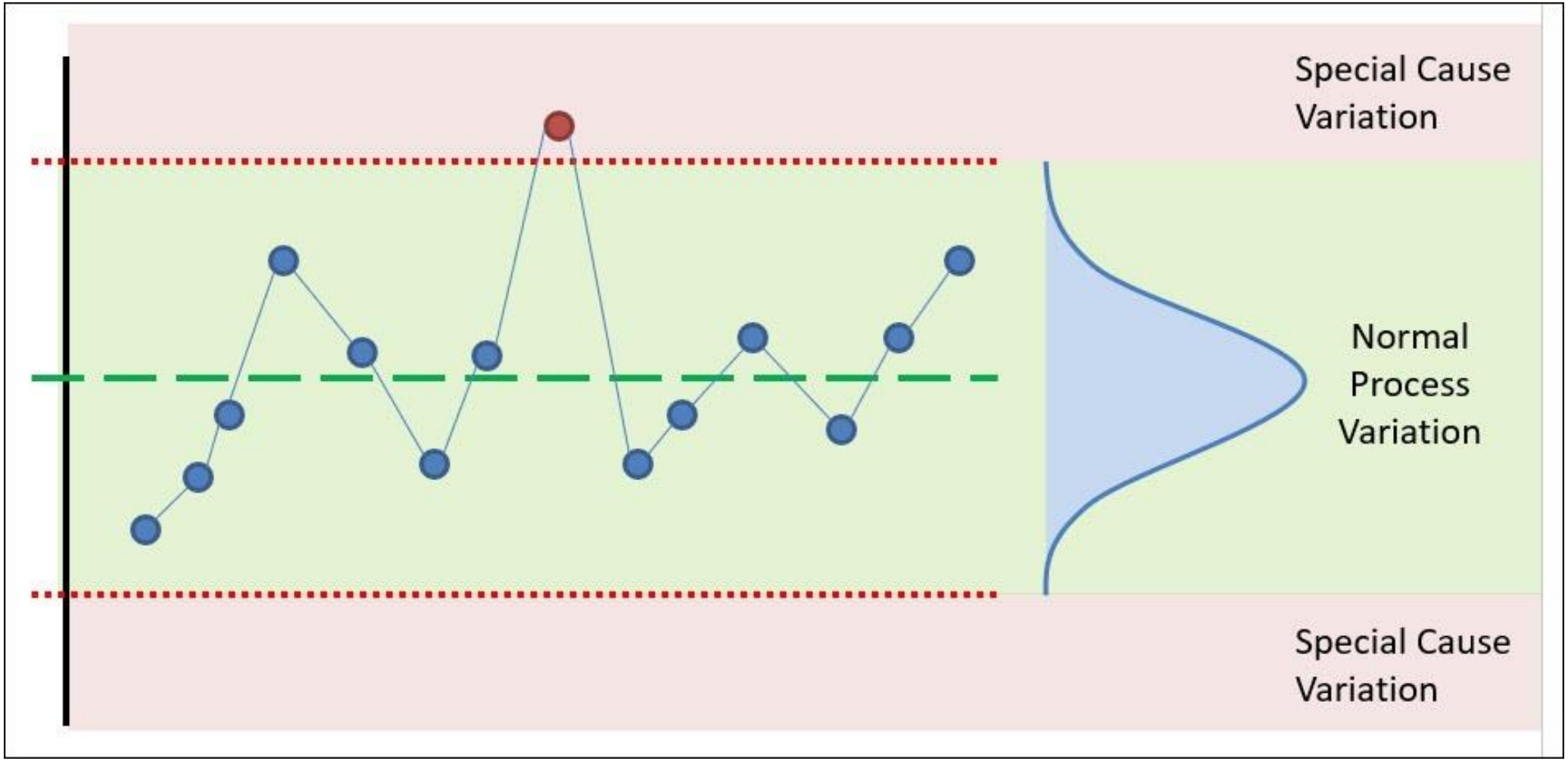
Skill manusia bervariasi



Material yang dikirim antar supplier beda

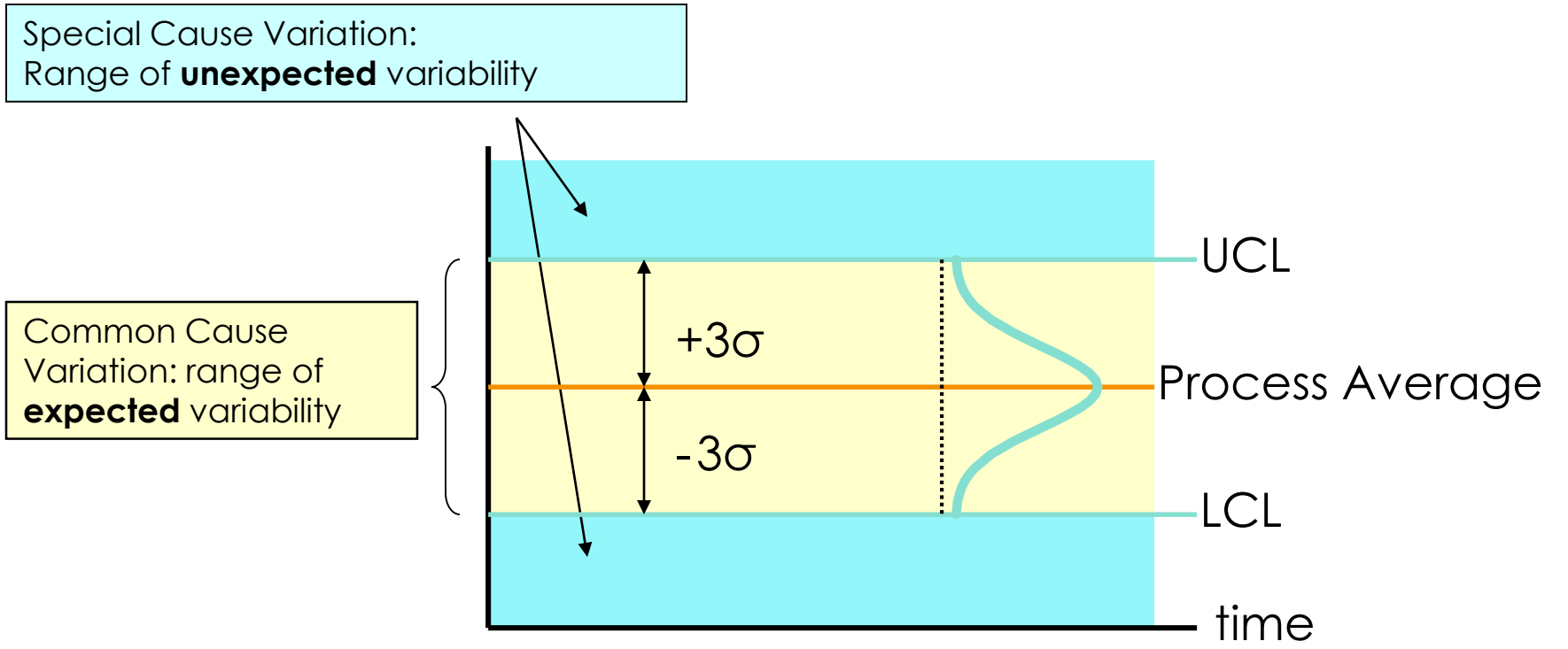
Suhu dan kelembaban lingkungan akan selalu beda

VARIABILITY



Special Cause Vs. Common Cause

Special Cause Vs. Common Cause

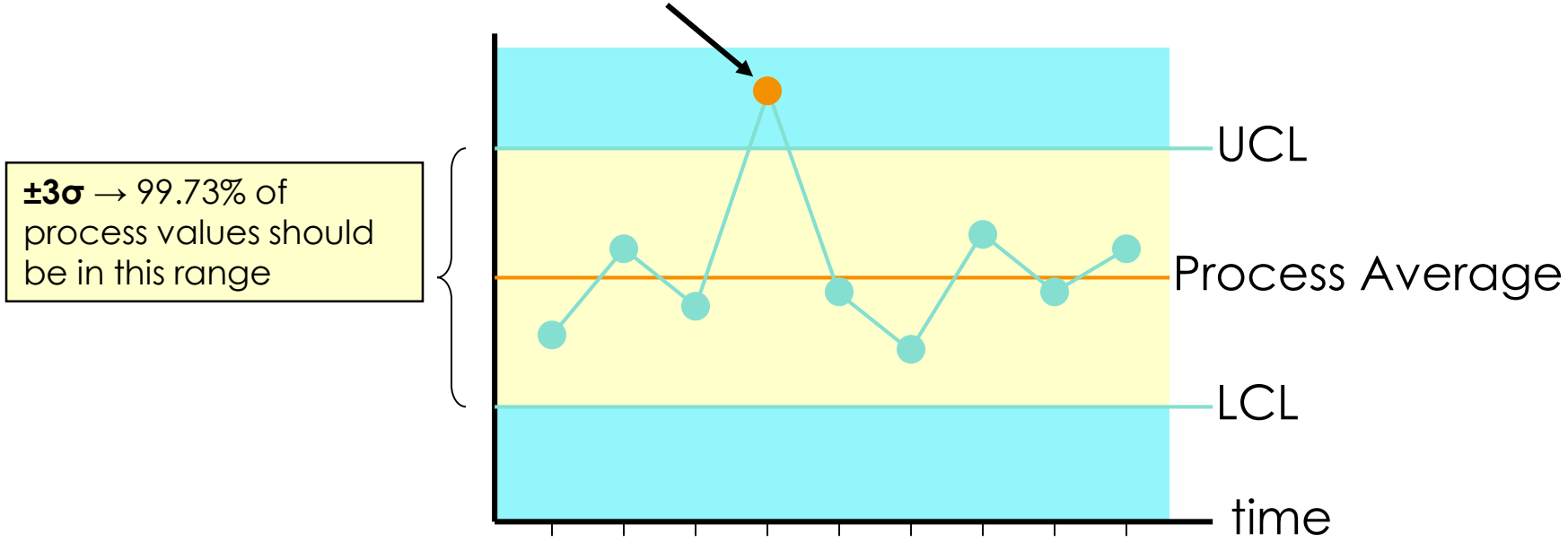


UCL = Process Average + 3 Standard Deviations
LCL = Process Average – 3 Standard Deviations

Process Variability

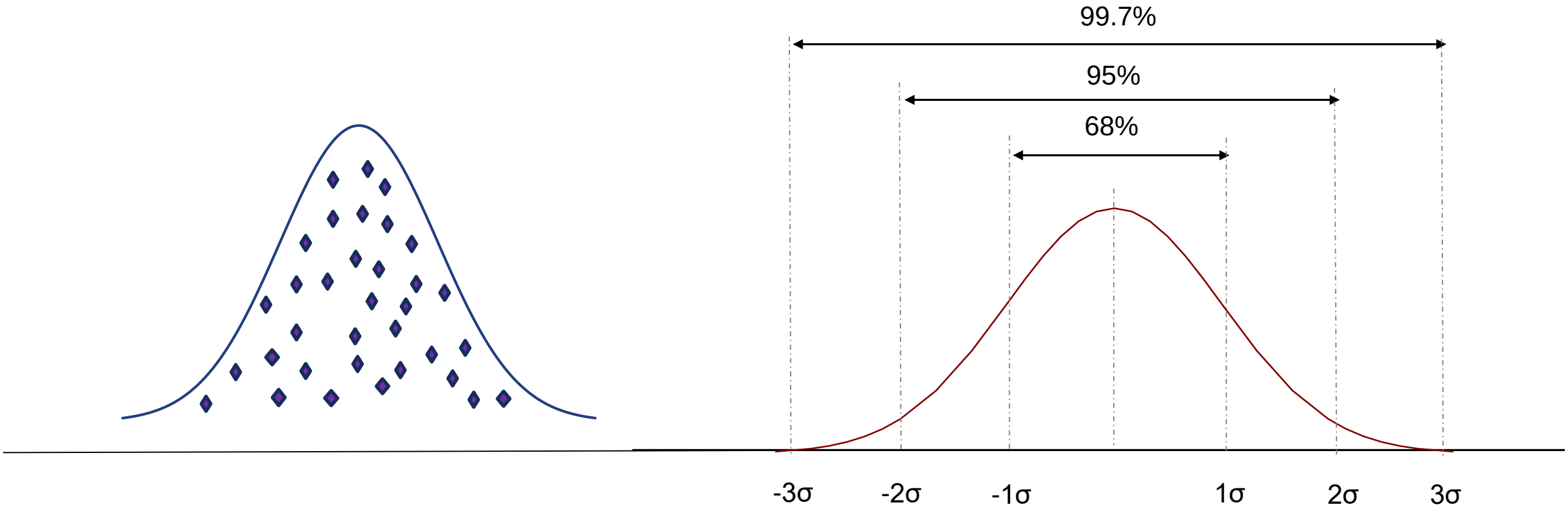
PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Special Cause of Variation



UCL = Process Average + 3 Standard Deviations
LCL = Process Average – 3 Standard Deviations

Normal Distribution



Sources Of Variation

Total Process Variation = Common Cause Variation + Special Cause Variation

Penyebab :

- People
- Machines
- Materials
- Methods
- Measurement
- Environment

Special Cause Variation

Total Process Variation = Common Cause Variation + Special Cause Variation

- Variasi yang tidak diinginkan
- Ada penyebab khusus, penyebab ini bisa dikendalikan
- Contoh: Variasi karena kondisi peralatan produksi yang tidak baik, kurang homogennya bahan baku, kurang cermatnya operator, dan lain-lain

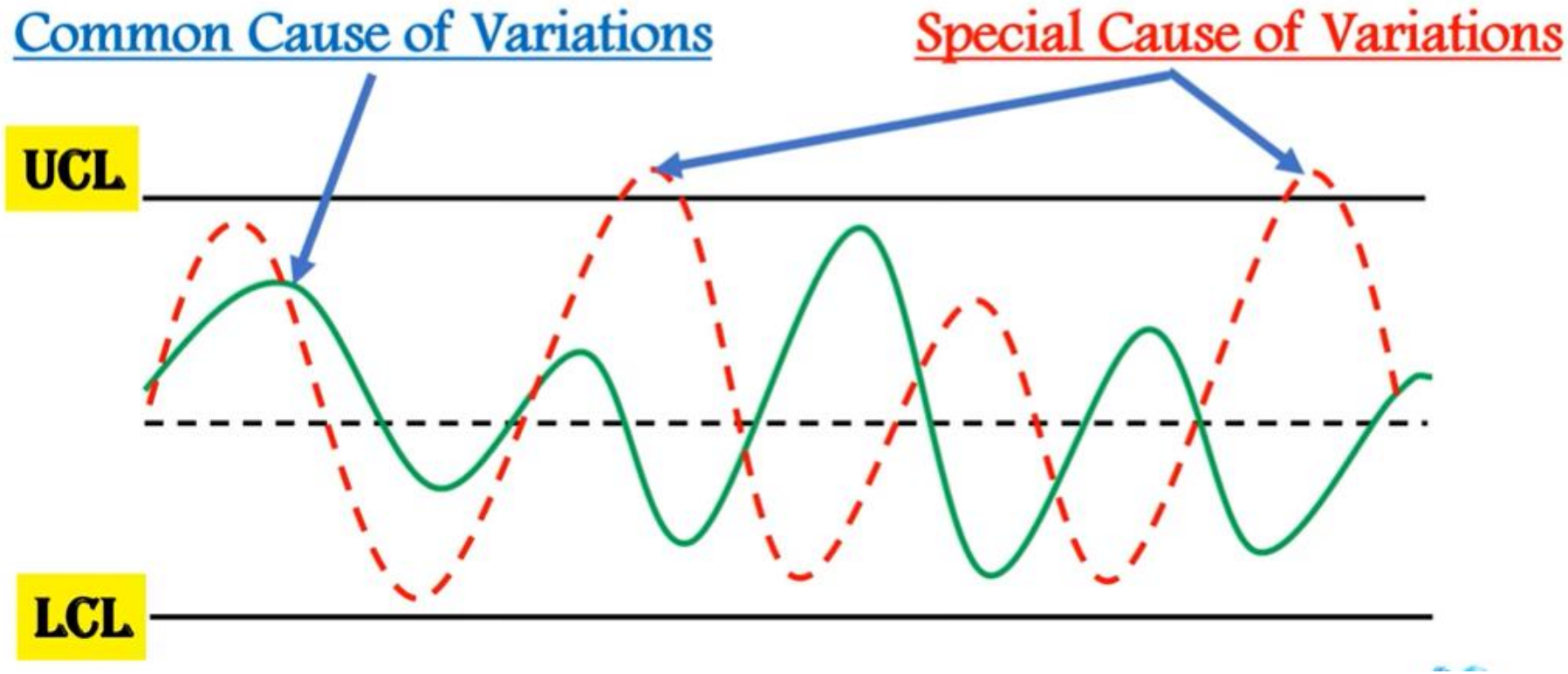
Common Cause Variation

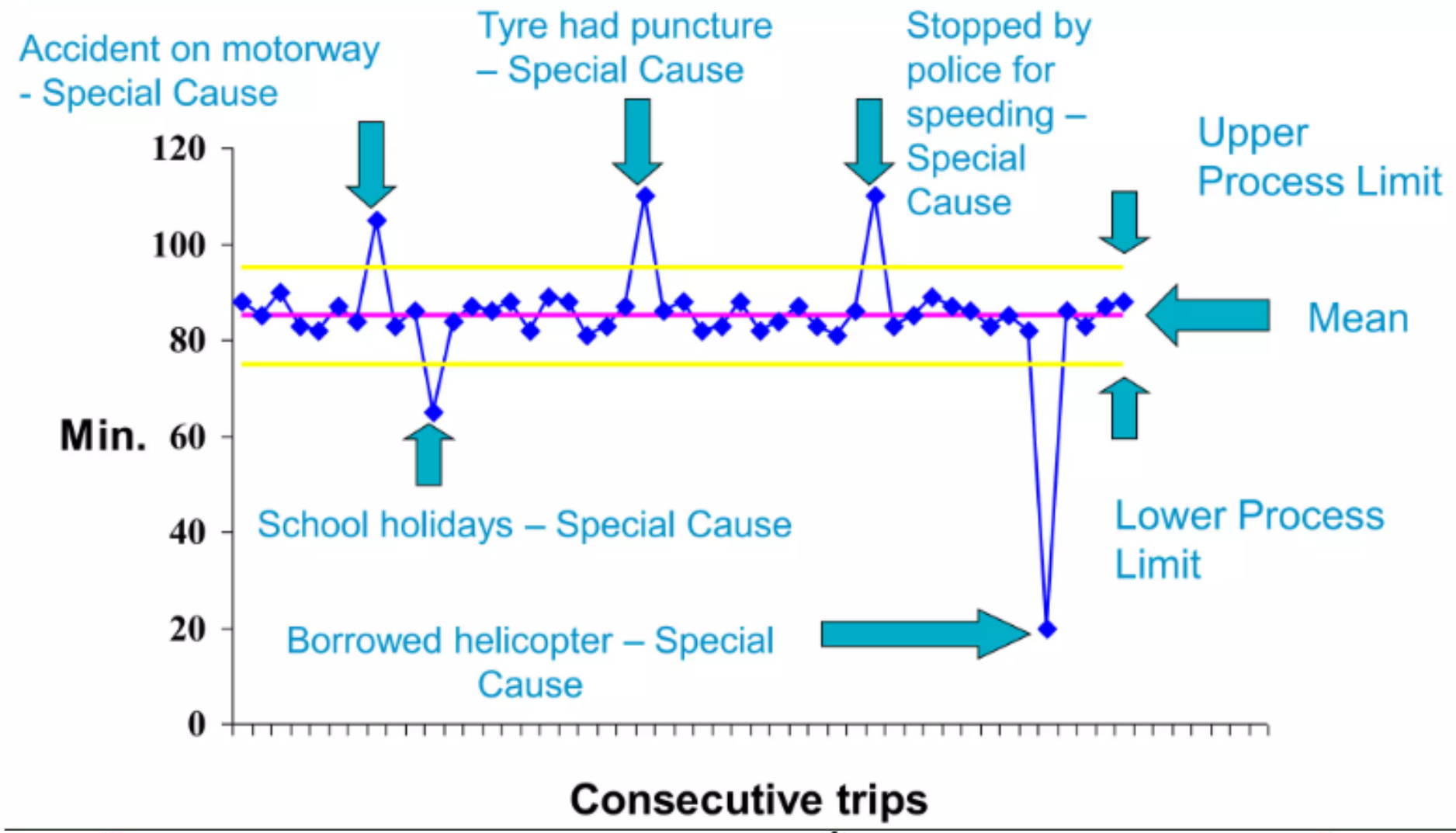
Total Process Variation = Common Cause Variation + Special Cause Variation

- **Variasi yang secara natural "ada" dan "dapat diterima"**
- **Terjadi karena adanya variasi (normal) dari material, tool, mesin, operator, lingkungan**
- **Contoh (Di industri secara umum): variasi yang disebabkan karena perubahan kelembaban, suhu, getaran, voltage**

VARIATION

Total Process Variation = **Common Cause Variation** + **Special Cause Variation**





COMMON CAUSE VARIATION - Points within the yellow lines is variation you would expect - normal variation of the process (my trip to work) E.G. traffic lights, pedestrians, rush hour

VARIATION

Common Cause Variation	Special Cause Variation
expected	unexpected
like random "noise"	a "signal" that something is different or has changed
is part of the Process	outside the Process
occurs within consistent range of values and no pattern	some data points occur outside that range, or there is a pattern
A manufacturing process step took 21, 19, 18, 20, 22, 20, 18, 19, 22, and 20 seconds.	Sometimes, it takes more than 26 seconds.

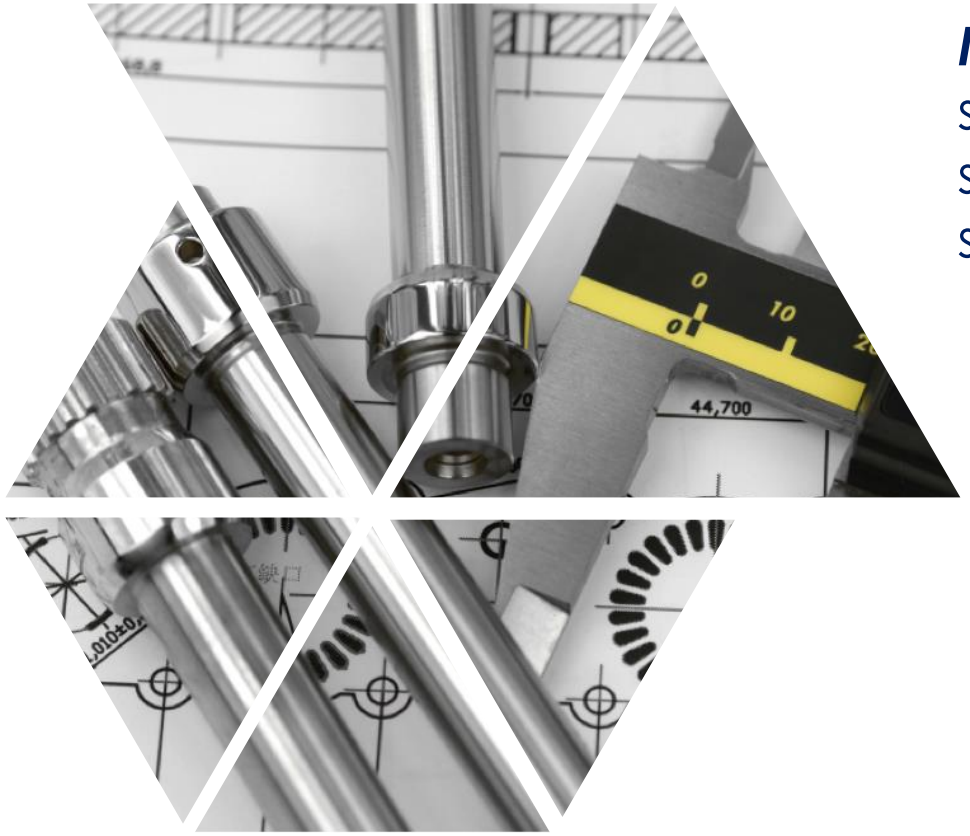
COMMON CAUSE

- e.g. typical traffic
- common, predictable
- more difficult to correct

SPECIAL CAUSE

- e.g. a car accident
- sporadic, unpredictable
- easier to correct

Sasaran

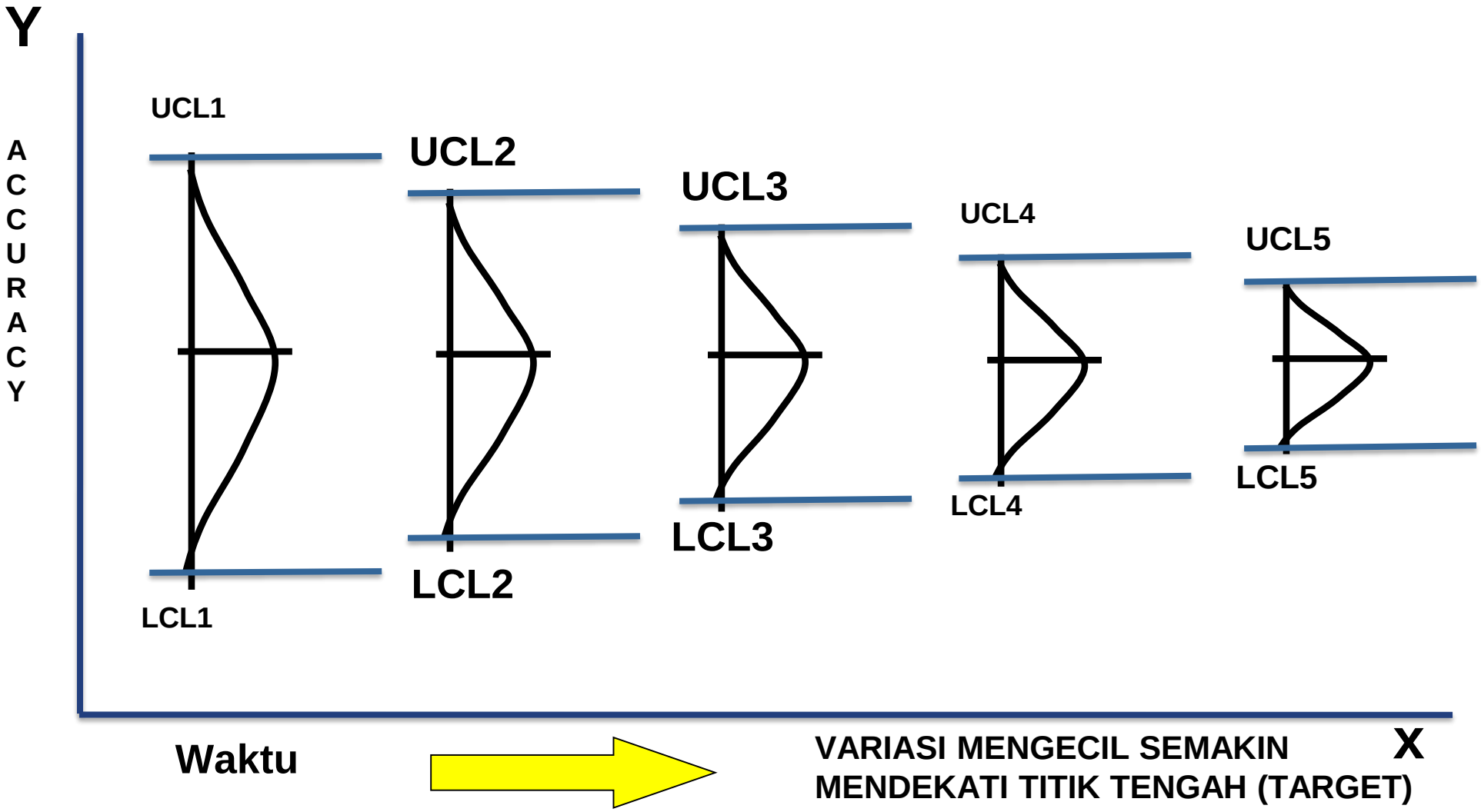


Meminimalkan variabilitas parameter proses agar senantiasa berada dalam batas-batas spesifikasi sehingga produk yang dihasilkan konsisten sesuai spesifikasi /standard yang ditetapkan pelanggan

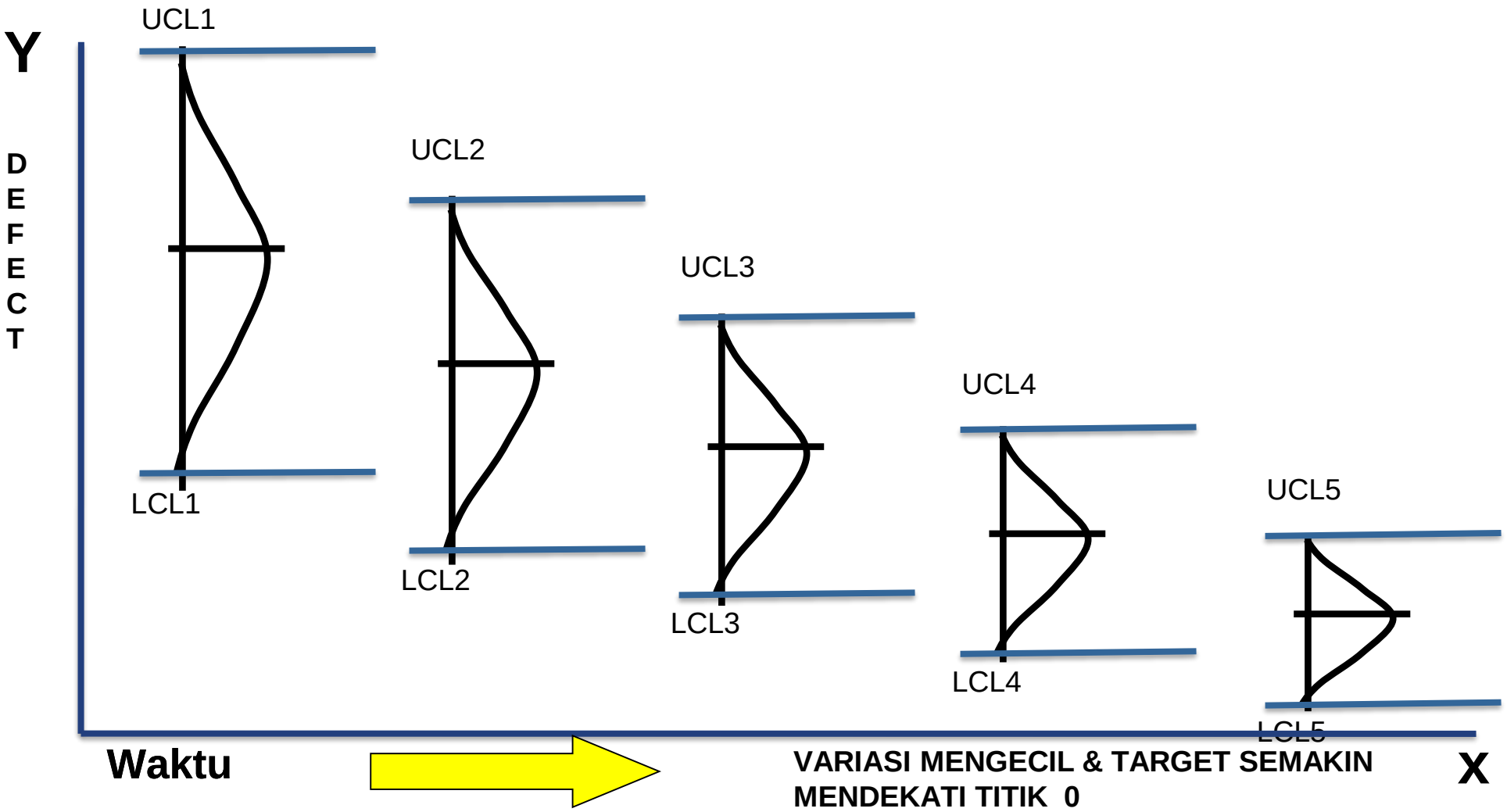
Proses dapat **dikelola dan dikendalikan secara efisien sejak awal** proses sehingga gejala penyimpangan proses sudah bisa diidentifikasi secara dini dan dapat disiapkan Tindakan yang tepat untuk merespon Variasi tersebut

Variabilitas = Variasi = Ketidak seragaman

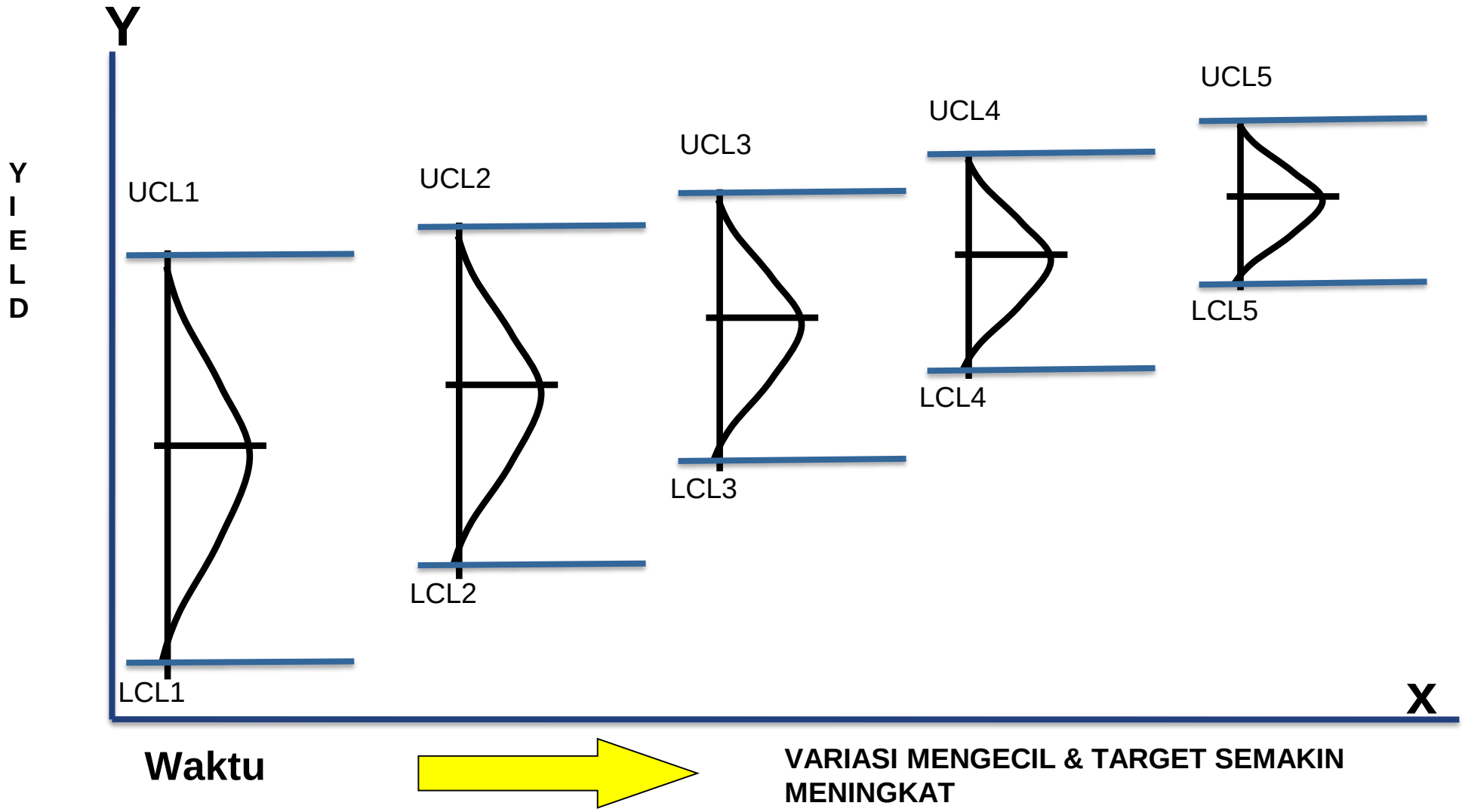
Sasaran SPC
Variasi semakin mengecil (Accuracy)



Sasaran SPC
Variasi semakin mengecil (Deffect)



Sasaran SPC
Variasi semakin mengecil (Yield)



VARIASI MENGECIL & TARGET SEMAKIN MENINGKAT

TRADITIONAL QUALITY CONTROL VS STATISTICAL PROCESS CONTROL

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Traditional Quality Control (QC)

Traditional quality control

fokusnya pada **produk**

- Memonitor mutu produk
- Melakukan Rework atau scrap jika produk out of spec

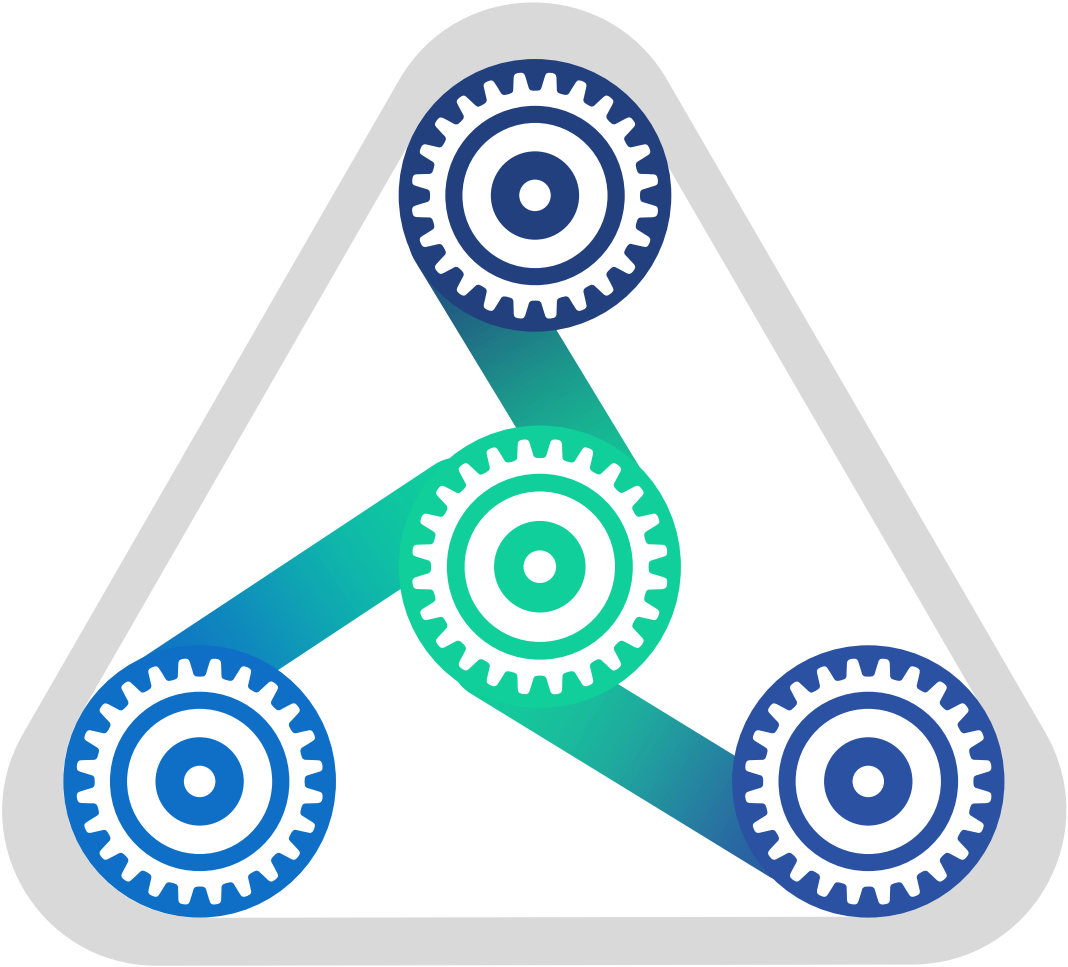
Statistical Process Control (SPC)

Statistical process control

fokusnya pada **proses**

- Memonitor perilaku/behavior proses (dan mutu produk)
- Melakukan adjustment terhadap proses untuk menghindari terjadinya produk out of spec

Penerapan SPC di Industri



- Monitor kualitas Produk di dalam data
- Merencanakan desain yang effective dan efisien
- Untuk menilai performance dari supplier
- .....

Process Control

Langkah-Langkah dalam menetapkan proses yang akan di kontrol

1. Tetapkan suatu Produk / Jasa yang akan dikendalikan atau dikontrol
2. Identifikasi Spesifikasi / Persyaratan pelanggan
3. Gambarkan aliran kerja dari Proses tersebut (Proses Flowchart)
4. Identifikasi parameter Proses yang harus dikontrol di setiap tahapan
5. Identifikasi parameter Proses yang Kritis / berpengaruh terhadap kesesuaian output

1. TETAPKAN SUATU PRODUK YANG AKAN DIKONTROL

CONTOH

INPUT → **PROSES** → OUTPUT

Spesifikasi?
Harapan?

....

Parameter

2. IDENTIFIKASI SPESIFIKASI / PERSYARATAN PELANGGAN

- Spesifikasi /Persyaratan Pelanggan adalah kriteria penting apa yang diharapkan pelanggan atas produk yang dihasilkan produsen
- Harapan pelanggan ini kadangkala masih bersifat general, sehingga harus diterjemahkan ke dalam bahasa teknis spesifikasi /persyaratan produk yang mudah terukur dengan system pengukuran yang berlaku di proses industry
- Spesifikasi Produk ini nantinya diterjemahkan ke dalam Spesifikasi proses di setiap tahapan proses yang relevan

IDENTIFIKASI SPESIFIKASI/ PERSYARATAN PELANGGAN

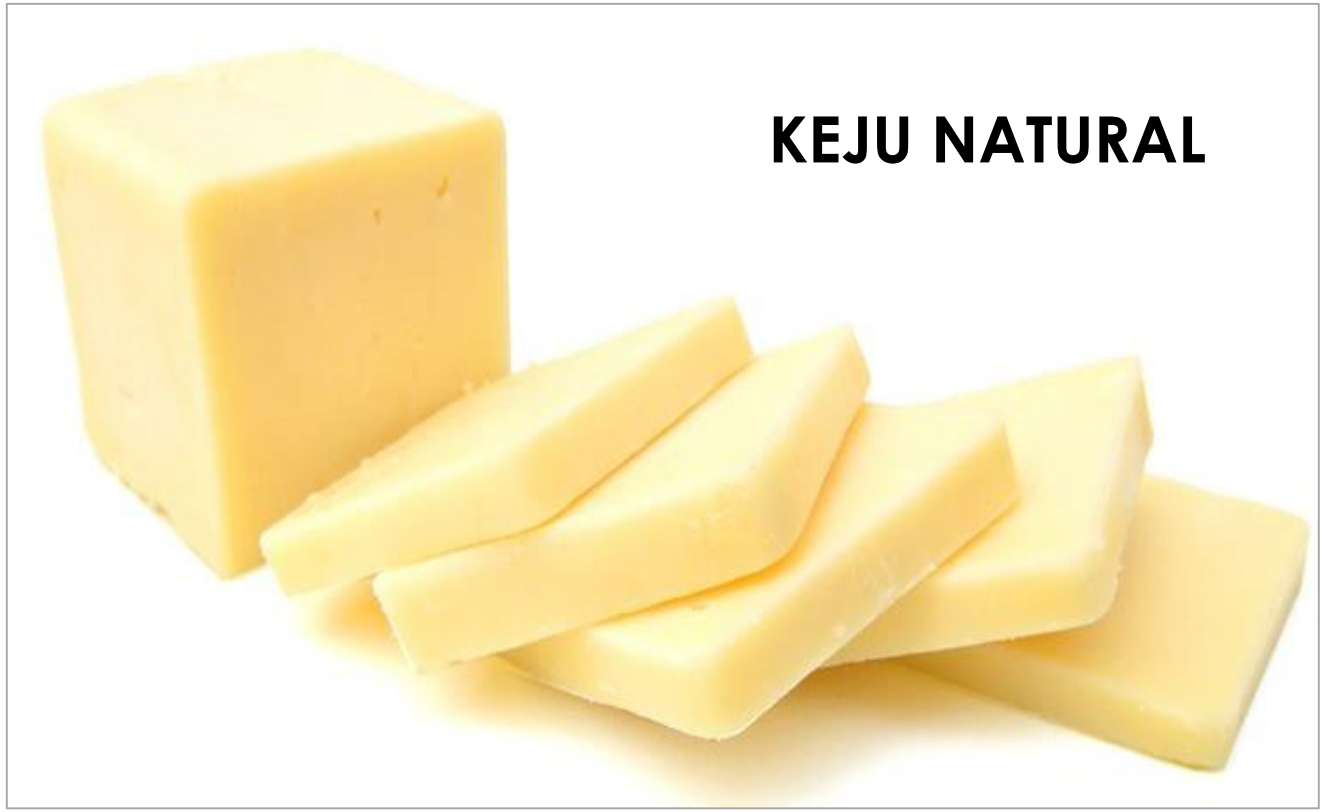
- Air mineral layak minum
  - Air berkualitas
    - Tidak tercemar
      - Kadar BOD, COD, Ph .....
      - Jernih, tidak bau
    - Volume sesuai standard
      - 19 liter +/- 20 ml
  - Galon berkualitas
    - Kuat
      - Tidak Mudah Bocor
      - Tutup gallon rapat
    - Bersih
  - Tissue berkualitas
    - Tidak kering
      - Moisture ...%
    - Jumlah cukup

General ⟷ Specific

Hard to measure ⟷ Easy to measure

1. TETAPKAN SUATU PRODUK YANG AKAN DIKONTROL

2. IDENTIFIKASI SPESIFIKASI / PERSYARATAN PELANGGAN



SPESiFIKASI PELANGGAN
➔ SPESIFIKASI PRODUK:

a. Organoleptik
- Rasa: khas kejua natural
- Texture: tidak berongga, lentur & lembek

b. Kekerasan = 8.0 – 10.0 (score)

c. Umur : Y = 1 m – 3 m
M = 3 – 9 m
O > 9 M

3. FLOWCHART PROCESS

CONTOH
PEMBUATAN KEJU NATURAL

Identifikasi Parameter Proses

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

1. Untuk mengidentifikasi Parameter Proses yang harus dikendalikan di setiap tahapan proses, adalah dengan menerjemahkan persyaratan pelanggan terhadap produk / jasa menjadi parameter yang harus dikontrol di setiap tahapan proses proses. **Contoh parameter** : suhu, tekanan, berat, kadar air, kekentalan, dan lain-lain

2. Parameter yang perlu dikontrol di setiap tahapan proses dikategorikan menjadi:
   - Parameter output: spesifikasi yang harus dipenuhi oleh output suatu tahapan proses
   - Parameter Proses: spesifikasi yang harus dipenuhi selama proses berjalan
   - Parameter input : spesifikasi yang harus dipenuhi sebelum proses dijalankan

   Dengan mengategorikan ke dalam parameter yang Input/Proses/Output maka kita bisa memfokuskan kapan melakukan pengontrolan tersebut (sebelum, selama, dan/atau sesudah) dari suatu tahap proses

Identifikasi Parameter Proses Kritis

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

1. Dari beberapa parameter yang teridentifikasi, pilih parameter 'kritis', yaitu:
   - ✓ Parameter yang **sangat mempengaruhi mutu produk**,
   - ✓ Parameter yang **perlu perhatian khusus**,
   - ✓ Parameter yang **sering bermasalah**
2. Paramater kritis ini dikendalikan dengan teknik statistik yang sesuai untuk memantau penyimpangan dalam proses

Data

Jenis Data

Quantitative
(Numerical)

Qualitative
(Non Numerical)

Jenis Data

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Quantitative
(Numerical)

Diskrit : data yang dapat dihitung dan berupa bilangan bulat

Contoh : Jumlah product cacat, Jumlah complain, dll

Attribute data

Kontinyu : data yang diperoleh dengan melakukan pengukuran aktual, dapat berupa pecahan
Contoh : panjang, volume, berat , dll

Variable data

Qualitative
(Non Numerical)

Data yang hanya bisa dikategorikan
Contoh : Pria & Wanita, Ya dan Tidak, dll

Data
Contoh

Batch	N	P2O5	K2O	MgO	CaO	S	Zn	Cu	B2O3
100123	11,33	15,15	13,80	4,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100223	20,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100323	0,00	0,00	0,00	20,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
110123	0,00	0,00	60,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
110223	21,19	0,00	0,00	0,00	0,00	25,72	0,00	0,00	0,00
120123	14,07	0,00	45,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
130223	0,00	0,00	0,00	85,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
140123	47,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
140223	0,00	0,00	60,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
140323	47,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150223	10,35	60,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150323	0,00	0,00	0,00	20,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Termasuk jenis apakah table diatas:

- ❑ Data Variabel
- ❑ Data Attribute

Batch	Keterangan
100123	TIDAK LULUS
100223	LULUS
100323	LULUS
110123	LULUS
110223	LULUS
120123	LULUS
130223	LULUS
140123	LULUS
140223	TIDAK LULUS
140323	TIDAK LULUS
150223	TIDAK LULUS
150323	LULUS

Termasuk jenis apakah table diatas:

- ❑ Data Variabel
- ❑ Data Attribute

Data
Contoh

No. Container	Nota Timbangan
KMSU 2202221	25.020
KMSU 2201225	25.170
KMSU 2200851	25.190
TEGU 7019944	24.050
SPNU 2658618	25.290
SPNU 2780143	25.210
SPNU 2756682	25.310
SPNU 2769102	25.240
SPNU 2738776	24.220
SPNU 2762089	24.220
SPNU 2725233	25.110
SPNU 2676329	25.290

Termasuk jenis apakah table diatas:

- ❑ Data Variabel
- ❑ Data Attribute

PO Number	Keterangan
PO 2212000107	OK
PO 2303000185	OK
PO 2304000011	OK
PO 2304000040	OK
PO 2304000071	NOT OK
PO 2304000072	OK
PO2208000052	OK
PO2209000097	OK
PO2209000100	OK
PO2210000043	OK
PO2210000053	NOT OK
PO2211000010	OK

Termasuk jenis apakah table diatas:

- ❑ Data Variabel
- ❑ Data Attribute

DATA COLLECTION PLAN

Komponen Data Collection Plan untuk pengontrolan parameter proses antara lain :

1. Tahap Proses yang dikontrol
2. Parameter yang akan dikontrol
3. Sample Size: banyaknya data yang diperoleh dalam suatu periode pemeriksaaan
4. Frequency Pengumpulan Data: setiap jam, setiap batch, setiap lot
5. Analysis: Teknik statistik yang digunakan untuk analisa data

Menentukan Besarnya Sample

Untuk menentukan besarnya sample dalam analisa data tergantung tujuan dari analisa data

Tujuan :

1. **Pengontrolan proses**, dimana data dikumpulkan secara periodik selama proses berlangsung (setiap 15 menit sekali, setiap 2 jam)
   - dalam hal ini tidak ada rumusan berapa banyaknya data yang harus diambil, banyaknya data yang diambil berdasar trial error

2. **Menerima atau menolak barang** (Acceptance sampling) : gunakan metode ANSI/ASQ Z1.4 (data attribute) atau ANSI/ASQ Z1.9 (data variable)

3. **Untuk penelitian ilmiah** : gunakan rumus perhitungan besarnya sample terlampir

DATA COLLECTION PLAN

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

No	TAHAP PROSES	PARAMETER YANG DIKONTROL	STANDARD	SAMPLE SIZE (N)	FREKUENSI PENGUMPULAN DATA	TEKNIK PENGONTROLAN
1	PEMANASAN SUSU	Suhu pasteurisasi (*)				
2	PENAMBAHAN STARTER (EMULSIFIER)	Derajat keasaman(*)				
3	PENDINGINAN	Suhu (*)	5 – 10 derajat C	n = 1	1 shift sekali	I – MR Chart
4	CHEDARRING	Tekanan (*) Keasinan (*)				
5	PEMOTONGAN	Ukuran/dimensi (*) Berat (kg) (*)				
6	PELAPISAN LILIN	Ketebalan lilin (*)	20 micron	n = 3	per jam	X bar -R Chart
7	PENYIMPANAN Y/M/O	Organoleptik (rasa, textur, aroma)(*)				

Control Chart

Control Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Definisi

Control Chart adalah suatu grafik garis yang mencantumkan garis-garis control (Control Limit) sebagai dasar pengendalian proses (untuk menunjukkan proses dalam keadaan terkontrol atau tidak)

Manfaat

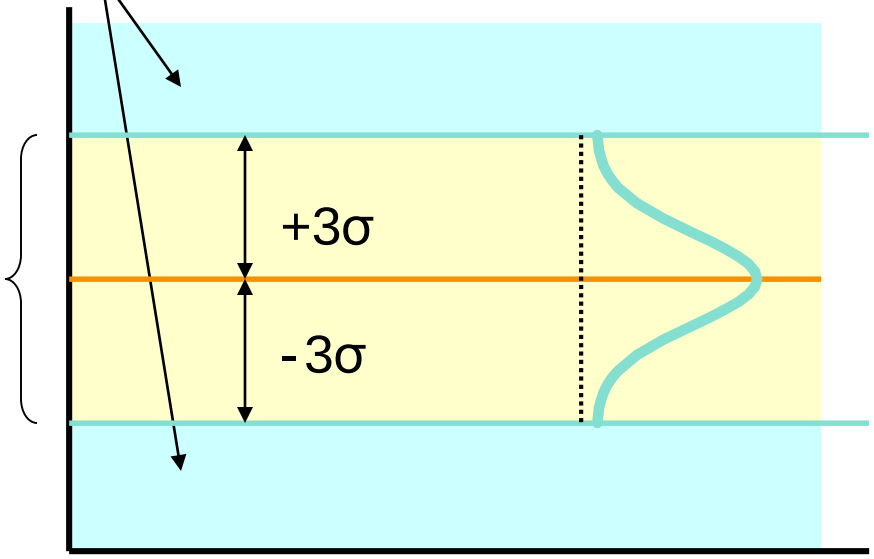
Control Chart ini digunakan untuk memonitor variasi hasil pengukuran parameter proses

- Apakah prosesnya normal atau menunjukkan trend?
- Mengidentifikasi penyimpangan dini dan mengambil tindakan sebelum proses out of control

Control Chart Basics

Special Cause Variation:
Range of **unexpected** variability

Common Cause Variation: range of **expected** variability



UCL

Process Average

LCL

time

UCL = Process Average + 3 Standard Deviations
LCL = Process Average – 3 Standard Deviations

Control Limit

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Definisi

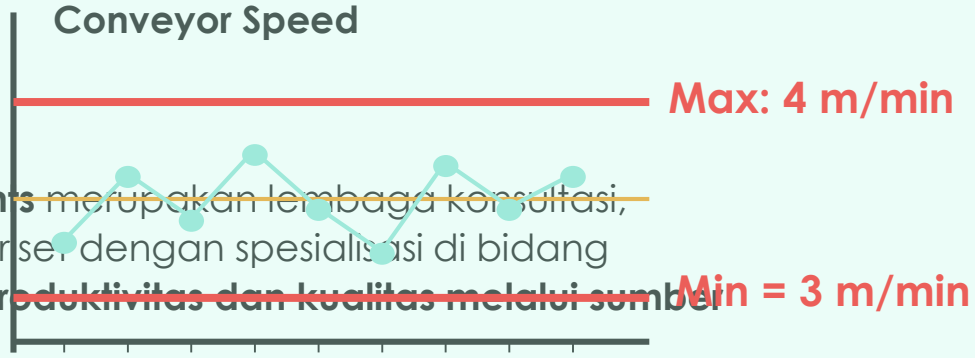
Adalah garis yang menunjukkan dispersi/penyebaran data dan memberitahu apakah situasi abnormal terjadi dalam produksi, dengan demikian kita dapat segera mengambil tindakan yang tepat

Ada tiga macam garis kendali yaitu :

- **UCL** (Upper Control Limit) atau garis/batas kontrol atas
- **LCL** (Lower Control Limit) atau garis/batas kontrol bawah
- **CL** (Central line) atau garis tengah

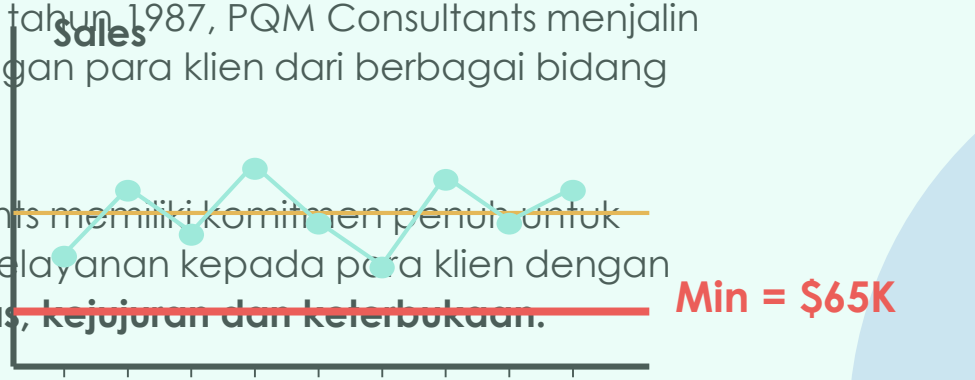
CONTROL LIMIT
# #
SPECIFICATION LIMIT

2 TARGET ATAS-BAWAH



sultants merupakan lembaga konsultasi, dan riset dengan spesialisasi di bidang **peningkatan produktivitas dan kualitas melalui sumber daya manusia.**

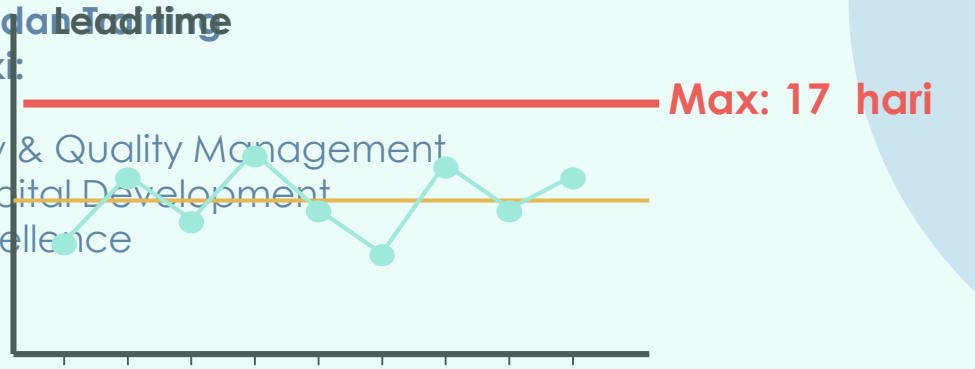
1 TARGET MINIMAL



Didirikan pada tahun 1987, PQM Consultants menjalin kerjasama dengan para klien dari berbagai bidang industri.

sultants memiliki komitmen penuh untuk memberikan pelayanan kepada para klien dengan **penuh integritas, kejujuran dan keterbukaan.**

1 TARGET MAXIMAL



Jasa Konsultasi dan Training yang Kami Miliki:

- Productivity & Quality Management
- Human Capital Development
- Service Excellence

SPESIFIKASI LIMIT/ TARGET :

Spesifikasi Limit adalah batas-batas yang ditentukan oleh customer atau target yang harus dicapai dalam setiap periode waktu

Ada 3 jenis Spesifikasi Limit/ Target

- 2 Target : Max dan Min
- 1 Target Maximal
- 1 Target : Minimal

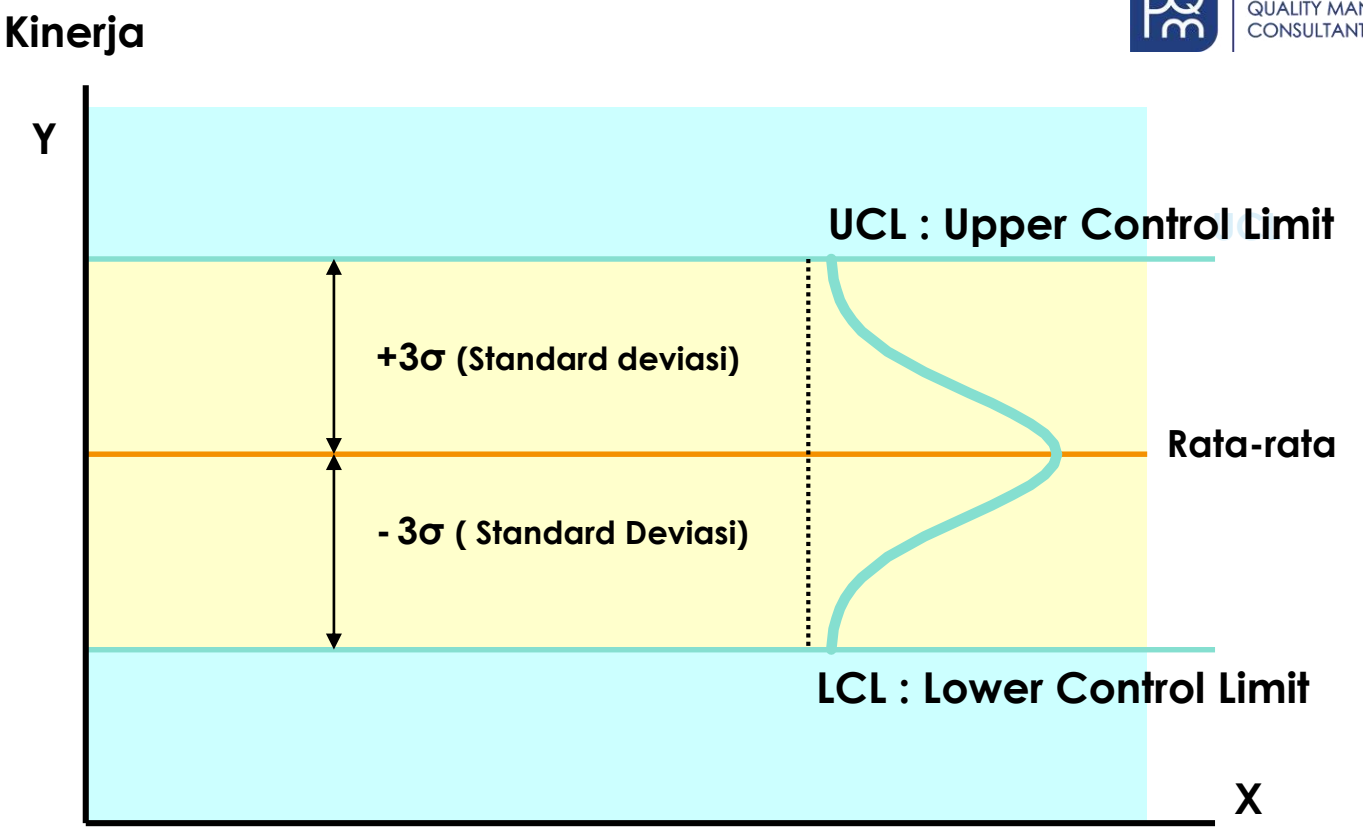
KONSEP DASAR CONTROL LIMIT:

Control Limit merupakan garis batas yang menggambaran kemampuan (potret) proses berdasarkan pengalaman / kinerja saat ini

Ada 2 jenis Control Limit:

UCL : Upper Control Limit : batas kontrol atas : batas kemampuan tertinggi

LCL ; Lower Control Limit : batas kontrol bawah : batas kemampuan terendah

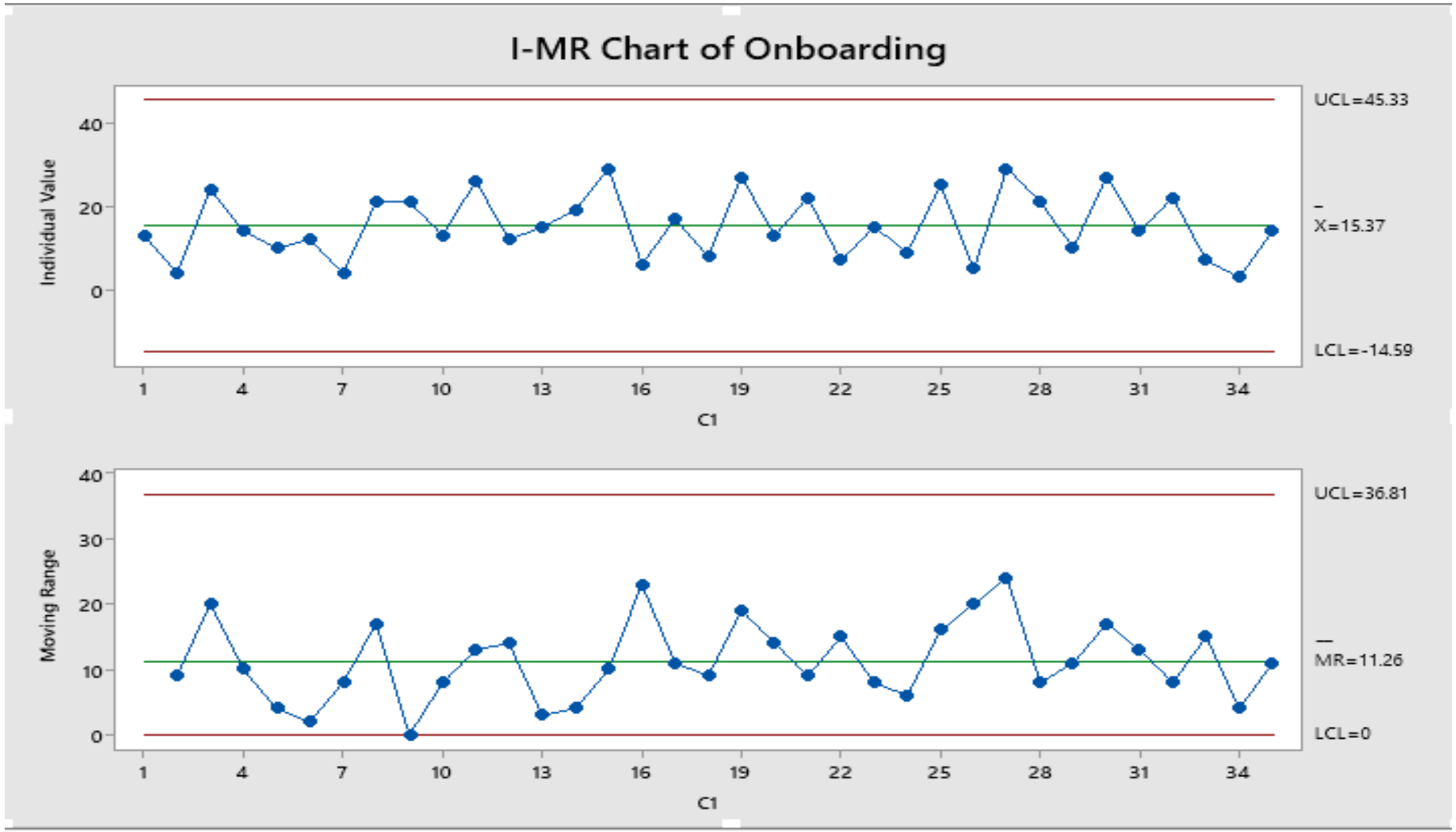


Dari mana angka UCL/LCL diperoleh?

- **Dari data kinerja terakhir atau data baru**
- **Sebanyak 30 periode pengumpulan data**

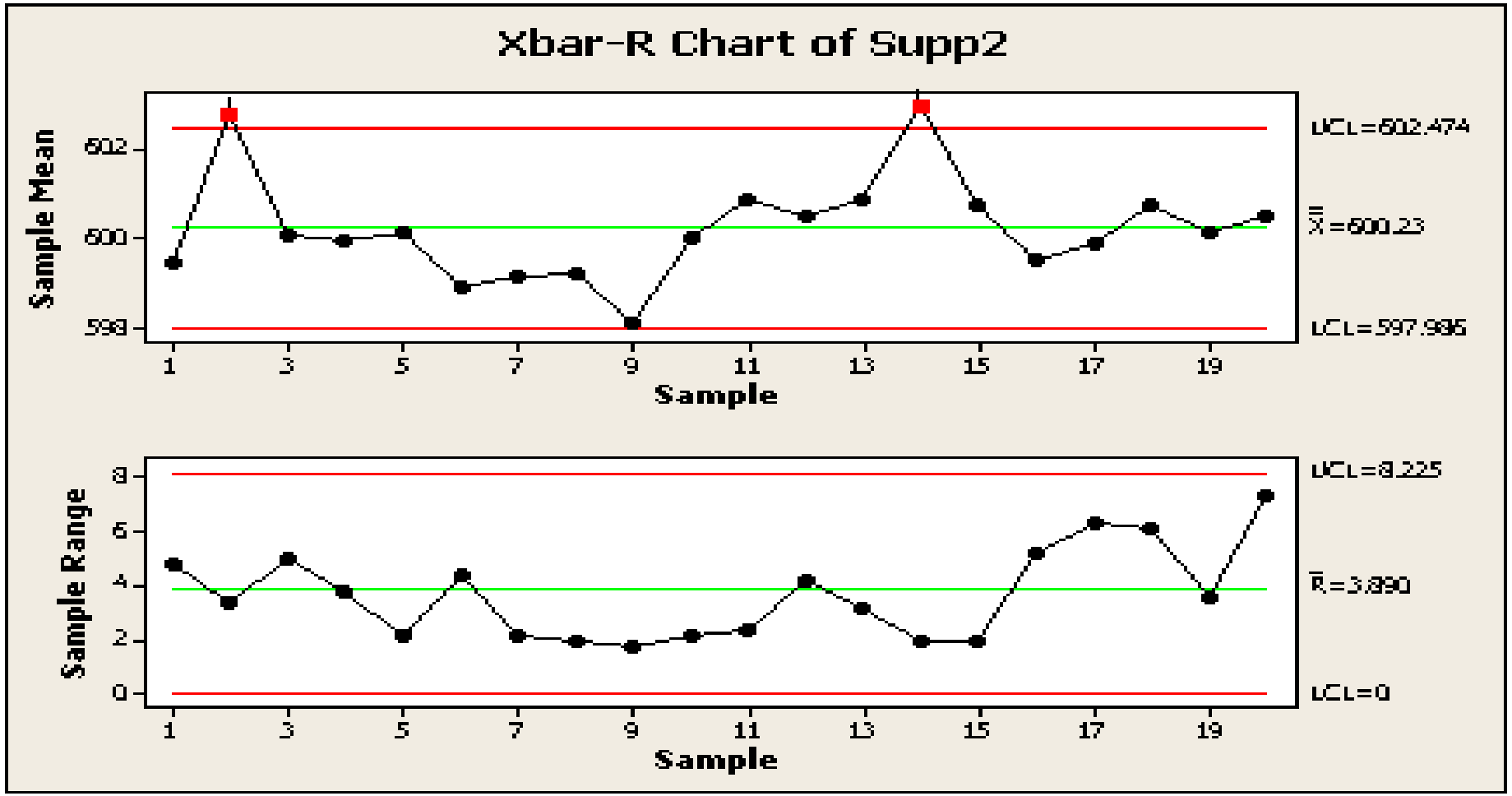
UCl = Rata2 + 3 Standard Deviasi
LCL = Rata2 – 3 Standard Deviasi

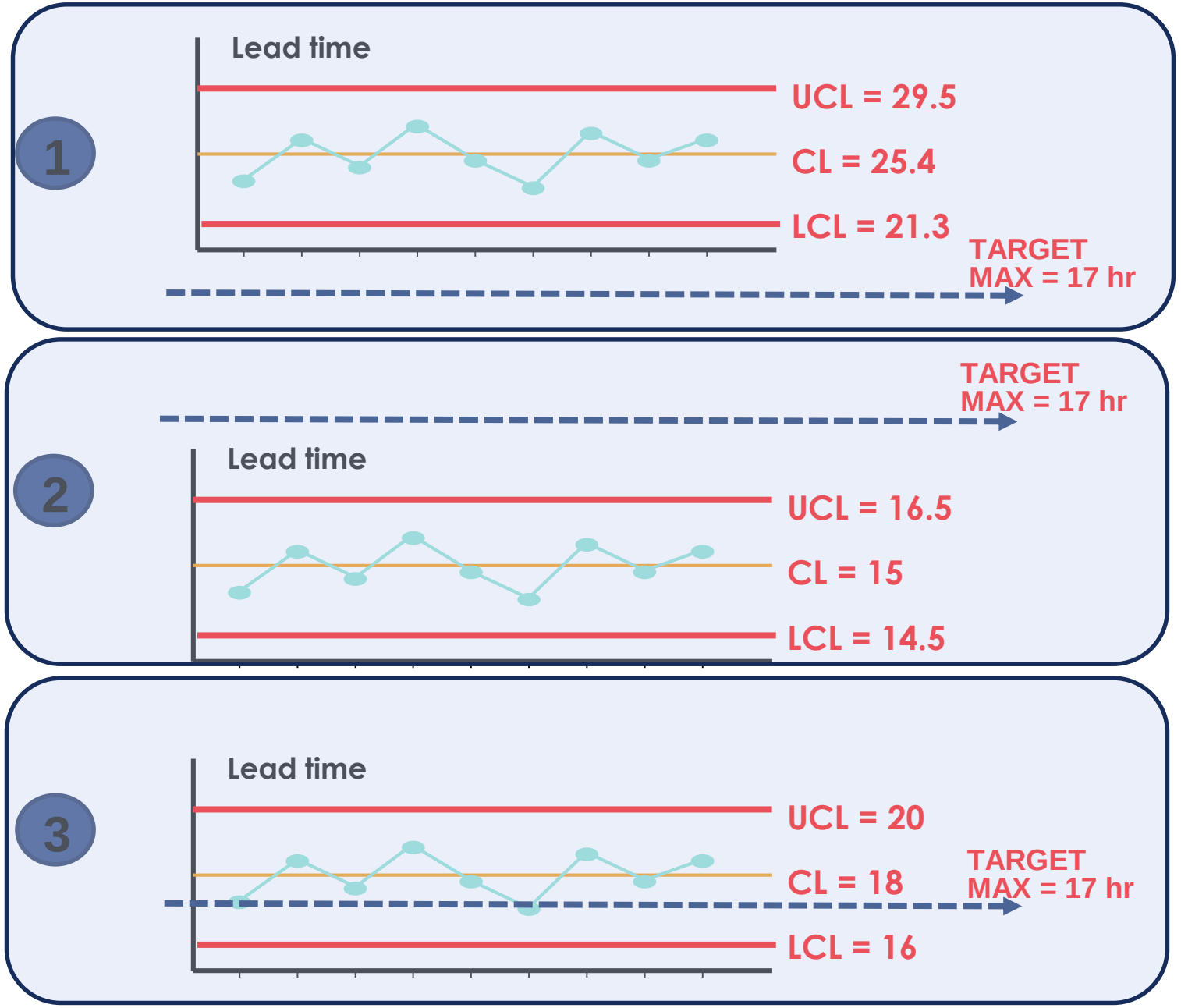
CONTROL CHART - EXAMPLE
I- MR chart



CONTROL CHART - EXAMPLE
$\bar{\bar{X}}$- R chart

Graph window output





CONTROL LIMIT VS SPEC LIMIT/TARGET

KASUS 1 : NOK
PROSES KERJANYA SECARA NATURAL AKAN SELALU DI ATAS TARGET → → ANALISA SEBAB DAN PERBAIKI UCL/LCL

KASUS 2 : OK
PROSES KERJANYA SECARA NATURAL SUDAH LEBIH BAIK DARI TARGET -→ BAKUKAN UCL/LCL

KASUS 3 : NOK
PROSES KERJANYA KEMUNGKINAN TIDAK MENCAPAI TARGET CUKUP BESAR→ ANALISA SEBAB DAN PERBAIKI UCL/LCL

Control Chart
When To Use

- Saat mengendalikan proses yang sedang berlangsung dengan menemukan dan memperbaiki masalah saat terjadi
- Saat memprediksi proyeksi hasil yang diharapkan dari suatu proses
- Saat menentukan apakah suatu proses stabil (dalam kontrol statistik)
- Saat menganalisis pola variasi proses dari *special cause* (kejadian tidak rutin) atau common cause (yang ada di dalam proses)
- Saat menentukan apakah proyek peningkatan kualitas Anda harus bertujuan untuk mencegah masalah tertentu atau membuat perubahan mendasar pada proses

Jenis Control Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Variable Control Chart

Control Chart dimana data yang dikumpulkan dan akan dianalisa adalah **data variabel** (data yang diperoleh dengan melakukan pengukuran dengan alat ukur).

Contoh :

X bar - R Chart, X bar – S Chart, dan I – MR Chart

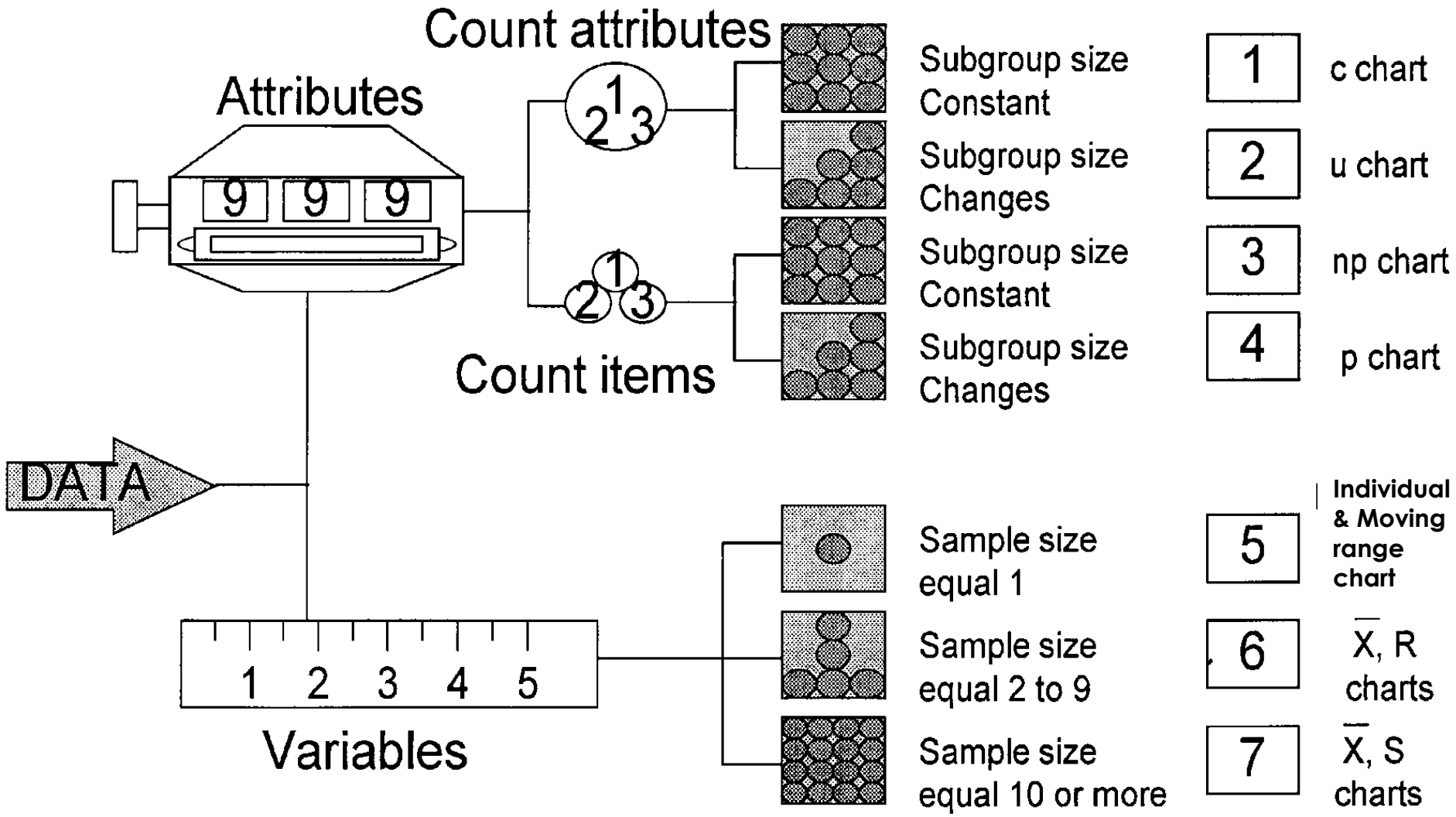
Attribute Control Chart

Control Chart dimana data yang dikumpulkan dan akan dianalisa adalah data attribute (data yang diperoleh dengan melakukan menghitung)

Contoh :

c-chart, u-chart, np-chart, p-chart

TYPES OF CONTROL CHART



Menyusun Control Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

1. Tetapkan parameter proses yang akan dikontrol
2. Tetapkan berapa banyak sample (jumlah data yang dibutuhkan) dalam setiap pemeriksaan?
   - Populasi harus Homogen : dari man, machine, method, material atau lot yang sama
   - Besarnya sampel cukup
   - Tidak ada aturan yang pasti berapa besar dan banyaknya sampel yang harus diambil, 'Shewhart' menganjurkan besarnya sampel 3-8
   - Dipengaruhi oleh jenis proses produksi, biaya, waktu serta banyaknya informasi yang diperlukan
3. Frekwensi pengambilan data tergantung kemampuan kita melihat adanya perbedaan data proses. Bisa setiap jam, setiap 30 menit, setiap shift, setiap lot, dll
4. Pada umumnya untuk mendapatkan potret kinerja sebagai baseline untuk pengendalian di masa mendatang, menggunakan data lalu sebanyak 25-30 periode pengmbilan data
5. Frekwensi maupun besarnya sampel dapat dikoreksi sewaktu-waktu tergantung kondisi proses

Variable Control Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

- X bar – R Chart
- X Bar – S Chart
- I – MR Chart

Variable Control Chart
X Bar – R Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Definisi

Adalah variabel control chart dimana **data yang dikumpulkan dalam setiap pengamatan berbentuk subgroup yang besarnya 2-9**

Kapan digunakan:

- ✓ Jika ingin mengetahui stabilitas suatu proses
- ✓ Jika datanya adalah data variabel
- ✓ Jika setiap data yang dikumpulkan dalam bentuk subgroup yang besarnya 2 - 9

Variable Control Chart
X bar – R Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Contoh Penerapan X bar – R Chart

Manufacture

- Welding strength (n = 3 tiap 2jam)
- Sliding impact test (n=6, per lot)
- Berat piston motor –grm (n= 5 per shift)
- Bending strength – kg/cm2 (n=3 per shift

Service

- Waktu tunggu dokter di klinik P Dalam di RS (n=5 tiap pagi & sore)
- Kadar kolesterol karyawan (n=6 tiap bulan)
- Ketepatan waktu penyampaian informasi ke unit-unit (n = 4, tiap periode sosialisasi)
- Ketepatan waktu interview candidate oleh User (n=3 tiap posisi baru)

Variable Control Chart
X bar – R Chart

- **Menghitung Control Limit Peta X bar**

$\bar{X}$

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$\bar{\bar{X}}$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

$$CL = \bar{\bar{X}}$$

$\bar{X}$ = **rata-rata hasil pengukuran dalam sekali pengamatan**

$$\bar{\bar{X}} = \sum \bar{X} \ / \ N$$

N = jumlah pengamatan.
Untuk membuat peta kendali ini N = data (subgroup) yang dibutuhkan minimum 25

	$\bar{x}$ and R Charts			
	$\bar{x}$ chart	Ranges chart		
	Factor x Cntrl Limits	Divisor x estimate σ	Factor x Cntrl Limits	
n	A_2	d_2	D_3	D_4
2	1,88	1,128		3,267
3	1,023	1,693		2,574
4	0,729	2,059		2,282
5	0,577	2,326		2,114
6	0,483	2,534		2,004
7	0,419	2,704	0,076	1,924
8	0,373	2,847	0,136	1,864
9	0,337	2,97	0,184	1,816
10	0,308	3,078	0,223	1,777
11	0,285	3,173	0,256	1,744
12	0,266	3,258	0,283	1,717

Variable Control Chart
X bar – R Chart

- **Menghitung Control Limit Peta R bar**

$$UCL_R = D_4 \overline{R}$$

$$LCL_R = D_3 \overline{R}$$

R = **Range / selisih hasil pengukuran terbesar denga terkecil dalam sekali pengamatan**

$$\overline{R} = \sum R / N$$

N = jumlah pengamatan.
Untuk membuat peta kendali ini N = data (subgroup) yang dibutuhkan minimum 25

	$\bar{x}$ and R Charts			
	$\bar{x}$ chart	Ranges chart		
	Factor x Cntrl Limits	Divisor x estimate σ	Factor x Cntrl Limits	
n	A_2	d_2	D_3	D_4
2	1,88	1,128		3,267
3	1,023	1,693		2,574
4	0,729	2,059		2,282
5	0,577	2,326		2,114
6	0,483	2,534		2,004
7	0,419	2,704	0,076	1,924
8	0,373	2,847	0,136	1,864
9	0,337	2,97	0,184	1,816
10	0,308	3,078	0,223	1,777
11	0,285	3,173	0,256	1,744
12	0,266	3,258	0,283	1,717

Variable Control Chart

X bar – R Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

EXAMPLE

Peta : X bar - R

Parameter : .....

Sample Size :.....

Frekwensi Pengambilan Sampel:.....

X bar: datanya adalah X1-X9 (9 data)

Waktu pengambilan sample												data: X1-X9 n: 2 - 9	
Tgl	Jam	batch	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X bar	R
	1		521,00	539,00	505	518	526	521,00	539,00	505	518	521,3	34,0
	2		520,00	521,00	519	508	522	520,00	521,00	519	508	517,6	14,0
	3		520,00	521,00	526	522	515	520,00	521,00	526	522	521,4	11,0
	4		515,00	515,00	505	518	521	515,00	515,00	505	518	514,1	16,0
	5		531,00	506,00	535	516	510	531,00	506,00	535	516	520,7	29,0
	6		515,00	516,00	502	501	510	515,00	516,00	502	501	508,7	15,0
	7		521,00	515,00	518	520	515	521,00	515,00	518	520	518,1	6,0
	8		517,00	519,00	516	527	512	517,00	519,00	516	527	518,9	15,0
	9		514,00	519,00	527	523	514	514,00	519,00	527	523	520,0	13,0
	10		525,00	517,00	522	509	510	525,00	517,00	522	509	517,3	16,0
	11		506,00	525,00	519	523	511	506,00	525,00	519	523	517,4	19,0
	12		515,00	527,00	547	521	528	515,00	527,00	547	521	527,6	32,0
	13		529,00	524,00	506	531	520	529,00	524,00	506	531	522,2	25,0
	14		531,00	527,00	520	503	511	531,00	527,00	520	503	519,2	28,0
	15		514,00	512,00	525	521	519	514,00	512,00	525	521	518,1	13,0
	16		517,00	513,00	542	524	511	517,00	513,00	542	524	522,6	31,0
	17		512,00	523,00	521	514	519	512,00	523,00	521	514	517,7	11,0
	18		520,00	534,00	519	521	527	520,00	534,00	519	521	523,9	15,0
	19		516,00	522,00	536	518	515	516,00	522,00	536	518	522,1	21,0
	20		534,00	531,00	516	527	526	534,00	531,00	516	527	526,9	18,0
	21		505,00	525,00	519	520	512	505,00	525,00	519	520	516,7	20,0
	22		541,00	534,00	537	521	518	541,00	534,00	537	521	531,6	23,0
	23		518,00	504,00	517	514	501	518,00	504,00	517	514	511,9	17,0
	24		530,00	520,00	510	525	531	530,00	520,00	510	525	522,3	21,0
	25		511,00	514,00	520	529	530	511,00	514,00	520	529	519,8	19,0
	26		541,00	527,00	510	506	511	541,00	527,00	510	506	519,9	35,0
	27		520,00	517,00	514	514	501	520,00	517,00	514	514	514,6	19,0
	28		530,00	510,00	516	519	520	530,00	510,00	516	519	518,9	20,0
	29		530,00	510,00	516	519	520	530,00	510,00	516	519	518,9	20,0
	30		518,00	504,00	517	514	501	518,00	504,00	517	514	511,9	17,0

n =	30

X dobel bar (n:2-9)	519,40	
R bar		19,77

CONTOH

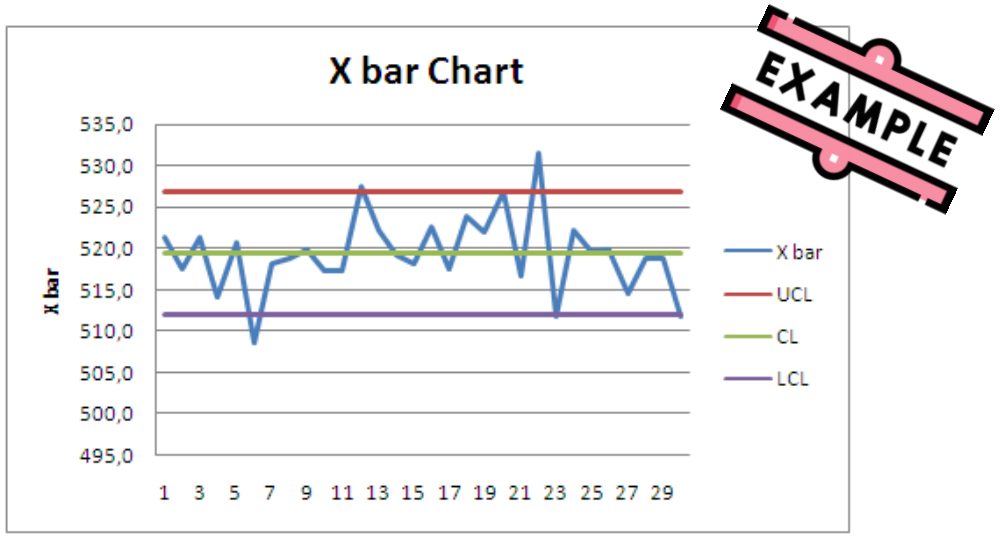
X bar - R Chart (n: 2-9)			n =	9
			A2 =	0,377
X dobel bar	519,40		D3 =	0,184
R bar	19,77		D4=	1,816

PETA X bar R							
PETA X bar				PETA R			
X bar	UCL	CL	LCL	R	UCL	CL	LCL
521,3	526,9	519,4	512,0	34,0	35,9	19,8	3,6
517,6	526,9	519,4	512,0	14,0	35,9	19,8	3,6
521,4	526,9	519,4	512,0	11,0	35,9	19,8	3,6
514,1	526,9	519,4	512,0	16,0	35,9	19,8	3,6
520,7	526,9	519,4	512,0	29,0	35,9	19,8	3,6
508,7	526,9	519,4	512,0	15,0	35,9	19,8	3,6
518,1	526,9	519,4	512,0	6,0	35,9	19,8	3,6
518,9	526,9	519,4	512,0	15,0	35,9	19,8	3,6
520,0	526,9	519,4	512,0	13,0	35,9	19,8	3,6
517,3	526,9	519,4	512,0	16,0	35,9	19,8	3,6
517,4	526,9	519,4	512,0	19,0	35,9	19,8	3,6
527,6	526,9	519,4	512,0	32,0	35,9	19,8	3,6
522,2	526,9	519,4	512,0	25,0	35,9	19,8	3,6
519,2	526,9	519,4	512,0	28,0	35,9	19,8	3,6
518,1	526,9	519,4	512,0	13,0	35,9	19,8	3,6
522,6	526,9	519,4	512,0	31,0	35,9	19,8	3,6
517,7	526,9	519,4	512,0	11,0	35,9	19,8	3,6
523,9	526,9	519,4	512,0	15,0	35,9	19,8	3,6
522,1	526,9	519,4	512,0	21,0	35,9	19,8	3,6
526,9	526,9	519,4	512,0	18,0	35,9	19,8	3,6
516,7	526,9	519,4	512,0	20,0	35,9	19,8	3,6
531,6	526,9	519,4	512,0	23,0	35,9	19,8	3,6
511,9	526,9	519,4	512,0	17,0	35,9	19,8	3,6
522,3	526,9	519,4	512,0	21,0	35,9	19,8	3,6
519,8	526,9	519,4	512,0	19,0	35,9	19,8	3,6
519,9	526,9	519,4	512,0	35,0	35,9	19,8	3,6
514,6	526,9	519,4	512,0	19,0	35,9	19,8	3,6
518,9	526,9	519,4	512,0	20,0	35,9	19,8	3,6
518,9	526,9	519,4	512,0	20,0	35,9	19,8	3,6
511,9	526,9	519,4	512,0	17,0	35,9	19,8	3,6

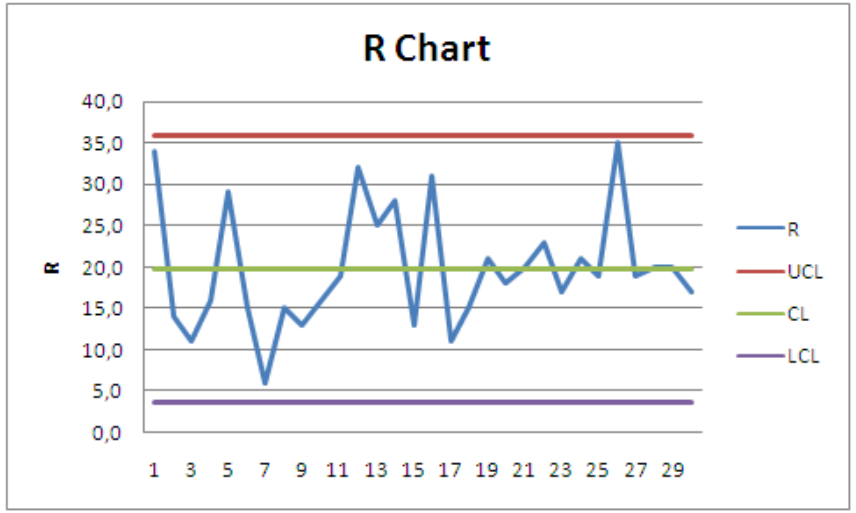
diisi sesuai sample size pada setiap pemeriksaan

	PETA X bar	PETA R	
UCL	526,9	35,9	
CL	519,4	19,8	
LCL	512,0	3,6	Jika LCL < 0 --> dinolkan

Variable Control Chart
X bar – R Chart



EXAMPLE



KESIMPULAN:

Dari Control Chart X bar - R , terlihat bahwa masih ada beberapa titik yang tidak berada di dalam batas UCL/LCL, yang menunjukkan ada outliers/pencilan data yang harus dicari penyebabnya,

jika memang ada penyebab khusus maka data tersebut didrop, dan ulangi perhitungan UCL/LCL hingga semua data masuk dalam batas UCL/LCL

Ketentuan dalam Pembuatan Control Chart

1. Untuk mengetahui performance suatu proses (yang dibatasi oleh UCL/LCL), semua titik dari data yang dianalisa harus berada dalam batas UCL/LCL

2. Jika semua titik sudah berada dalam batas UCL/LCL dan proses dalam keadaan in control, maka UCL / LCL yang dihasilkan merupakan kinerja proses saat ini, yang bisa dijadikan acuan untuk mengendalikan proses di masa mendatang.
   a. jika UCL/LCL yang dihasilkan lebih baik daripada Spec, maka yang digunakan untuk mengendalikan proses di masa mendatang adalah UCL/LCL
   b. Jika nilai UCL/LCL belum sesuai spec, maka lakukan analisa sebab dan dicari solusinya, dan untuk mengendalikan proses di lapangan gunakan spec dan UCL/LCL (ketentuan: lihat Out of Control)

Ketentuan dalam Pembuatan Control Chart

3. Jika ada titik di luar UCL/LCL (outliers/pencilan data) atau jika proses menunjukkan kondisi out of control, harus dicari penyebabnya, jika memang ada penyebab khusus maka data tersebut didrop, dan ulangi perhitungan UCL/LCL hingga semua data masuk dalam batas UCL/LCL (maximum DATA YANG DIDROP 20%)

4. Jika setelah didrop 20% , masih ada titik di luar UCL/LCL atau prosesnya masih dalam keadaan out of control, menunjukkan bahwa proses belum dapat dilihat pattern kinerjanya (belum normal), lakukan analisa sebab & tindakan perbaikan

5. Perhitungan UCL/LCL tidak dilakukan setiap hari, dilakukan hanya untuk kebutuhan: mempotret kinerja proses saat ini untuk digunakan sebagai acuan dalam mengendalikan proses di masa mendatang

Ketentuan dalam Pembuatan Control Chart

6. Revisi UCL/LCL bisa dilakukan dalam kondisi: terjadi perubahan proses yang signifikan (methode, spec produk berubah) , proses menunjukkan perbaikan, mesin sudah turun fungsinya (setelah melewati masa lifetime atau setelah beberapa tahun dioperasikan)

7. Pengedropan titik dalam Control Chart: hanya dilakukan pada saat analisa seberapa baik kinerja proses saat ini. Pada saat pengontrolan di lapangan, TIDAK BOLEH, tetapi harus dianalisa sebabnya dan dilakukan tindakan perbaikan

Variable Control Chart
X bar – R Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

EXAMPLE

Peta : X bar - R - Rev 1

Parameter : .....

Sample Size :.....

Frekwensi Pengambilan Sampel:.....

Waktu pengambilan sample												data: X1-X9 n: 2 - 9	
Tgl	Jam	batch	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X bar	R
	1		521,00	539,00	505	518	526	521,00	539,00	505	518	521,3	34,0
	2		520,00	521,00	519	508	522	520,00	521,00	519	508	517,6	14,0
	3		520,00	521,00	526	522	515	520,00	521,00	526	522	521,4	11,0
	4		515,00	515,00	505	518	521	515,00	515,00	505	518	514,1	16,0
	5		531,00	506,00	535	516	510	531,00	506,00	535	516	520,7	29,0
	7		521,00	515,00	518	520	515	521,00	515,00	518	520	518,1	6,0
	8		517,00	519,00	516	527	512	517,00	519,00	516	527	518,9	15,0
	9		514,00	519,00	527	523	514	514,00	519,00	527	523	520,0	13,0
	10		525,00	517,00	522	509	510	525,00	517,00	522	509	517,3	16,0
	11		506,00	525,00	519	523	511	506,00	525,00	519	523	517,4	19,0
	13		529,00	524,00	506	531	520	529,00	524,00	506	531	522,2	25,0
	14		531,00	527,00	520	503	511	531,00	527,00	520	503	519,2	28,0
	15		514,00	512,00	525	521	519	514,00	512,00	525	521	518,1	13,0
	16		517,00	513,00	542	524	511	517,00	513,00	542	524	522,6	31,0
	17		512,00	523,00	521	514	519	512,00	523,00	521	514	517,7	11,0
	18		520,00	534,00	519	521	527	520,00	534,00	519	521	523,9	15,0
	19		516,00	522,00	536	518	515	516,00	522,00	536	518	522,1	21,0
	21		505,00	525,00	519	520	512	505,00	525,00	519	520	516,7	20,0
	23		518,00	504,00	517	514	501	518,00	504,00	517	514	511,9	17,0
	24		530,00	520,00	510	525	531	530,00	520,00	510	525	522,3	21,0
	25		511,00	514,00	520	529	530	511,00	514,00	520	529	519,8	19,0
	26		541,00	527,00	510	506	511	541,00	527,00	510	506	519,9	35,0
	27		520,00	517,00	514	514	501	520,00	517,00	514	514	514,6	19,0
	28		530,00	510,00	516	519	520	530,00	510,00	516	519	518,9	20,0
	29		530,00	510,00	516	519	520	530,00	510,00	516	519	518,9	20,0
	30		518,00	504,00	517	514	501	518,00	504,00	517	514	511,9	17,0

n =	26

X dobel bar (n:2-9)	518,75	
R bar		19,42

CONTOH

X bar - R Chart (n: 2-9)			n =	9
			A2 =	0,377
X dobel bar	518,75		D3 =	0,184
R bar	19,42		D4=	1,816

X bar: datanya adalah X1-X9 (9 data)

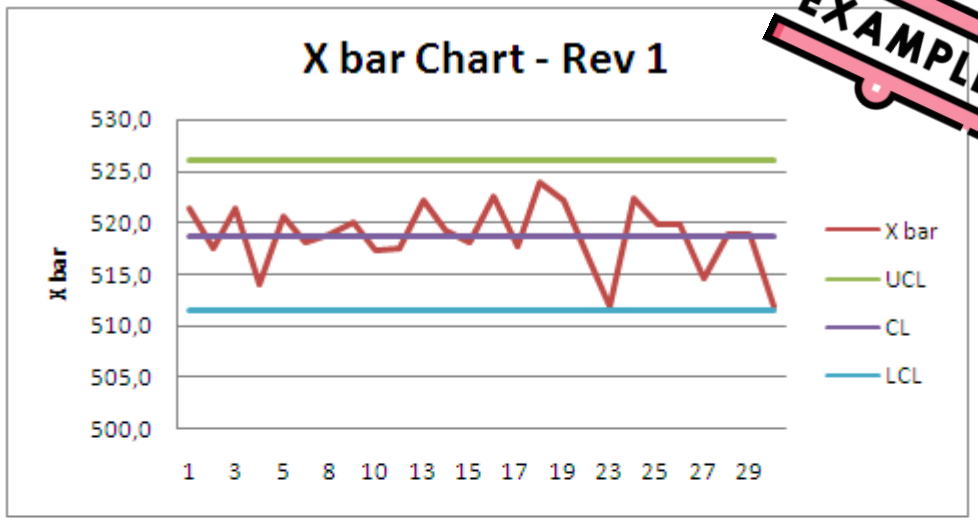
PETA X bar R							
PETA X bar				PETA R			
X bar	UCL	CL	LCL	R	UCL	CL	LCL
521,3	526,1	518,7	511,4	34,0	35,3	19,4	3,6
517,6	526,1	518,7	511,4	14,0	35,3	19,4	3,6
521,4	526,1	518,7	511,4	11,0	35,3	19,4	3,6
514,1	526,1	518,7	511,4	16,0	35,3	19,4	3,6
520,7	526,1	518,7	511,4	29,0	35,3	19,4	3,6
518,1	526,1	518,7	511,4	6,0	35,3	19,4	3,6
518,9	526,1	518,7	511,4	15,0	35,3	19,4	3,6
520,0	526,1	518,7	511,4	13,0	35,3	19,4	3,6
517,3	526,1	518,7	511,4	16,0	35,3	19,4	3,6
517,4	526,1	518,7	511,4	19,0	35,3	19,4	3,6
522,2	526,1	518,7	511,4	25,0	35,3	19,4	3,6
519,2	526,1	518,7	511,4	28,0	35,3	19,4	3,6
518,1	526,1	518,7	511,4	13,0	35,3	19,4	3,6
522,6	526,1	518,7	511,4	31,0	35,3	19,4	3,6
517,7	526,1	518,7	511,4	11,0	35,3	19,4	3,6
523,9	526,1	518,7	511,4	15,0	35,3	19,4	3,6
522,1	526,1	518,7	511,4	21,0	35,3	19,4	3,6
516,7	526,1	518,7	511,4	20,0	35,3	19,4	3,6
511,9	526,1	518,7	511,4	17,0	35,3	19,4	3,6
522,3	526,1	518,7	511,4	21,0	35,3	19,4	3,6
519,8	526,1	518,7	511,4	19,0	35,3	19,4	3,6
519,9	526,1	518,7	511,4	35,0	35,3	19,4	3,6
514,6	526,1	518,7	511,4	19,0	35,3	19,4	3,6
518,9	526,1	518,7	511,4	20,0	35,3	19,4	3,6
518,9	526,1	518,7	511,4	20,0	35,3	19,4	3,6
511,9	526,1	518,7	511,4	17,0	35,3	19,4	3,6

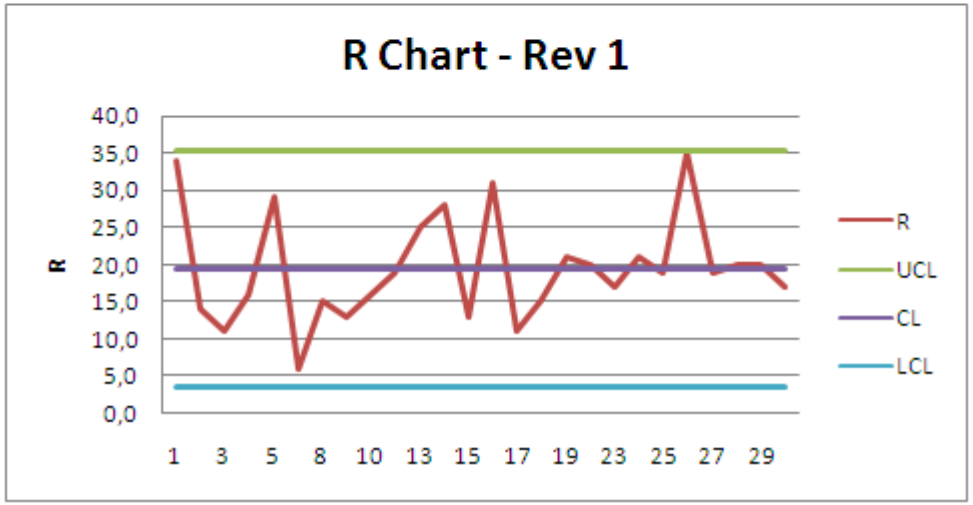
diisi sesuai sample size pada setiap pemeriksaan

	PETA X bar	PETA R
UCL	526,1	35,3
CL	518,7	19,4
LCL	511,4	3,6

Jika LCL < 0 --> dinolkan

Variable Control Chart
X bar – R Chart





EXAMPLE

KESIMPULAN:

Dari Control Chart X bar - R (Revisi 1) , menunjukkan bahwa semua titik (X bar dan R) sudah berada dalam batas UCL/LCL, dan data proses in control, maka untuk pengendalian proses di masa mendatang dapat menggunakan acuan :

X bar Chart:
UCL = 526,1; CL = 518,7; LCL = 511,4

R Chart:
UCL : 35,3; CL = 19,4; LCL = 3,6

Variable Control Chart
X Bar – S Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Definisi

Adalah variabel control chart dimana **data yang dikumpulkan dalam setiap pengamatan berbentuk subgroup yang besarnya 10 atau lebih**

Kapan digunakan:

- ✓ Jika ingin mengetahui stabilitas suatu proses
- ✓ Jika datanya adalah data variabel
- ✓ Jika setiap data yang dikumpulkan dalam bentuk subroup yang besarnya 10 atau lebih

Variable Control Chart
X bar – S Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Contoh Penerapan X bar – S Chart

Manufacture	*Service*
▪ Berat rokok hasil lintingan (n=20 tiap jam) ▪ Diameter hasil potongan ampul (n=14 tiap jam) ▪ Volume Filling (n=72 tiap 4 jam)	▪ Waktu makan siang karyawan – menit (n = 10, tiap minggu) ▪ Kadar gula karyawan (n = 10 , tiap bulan) ▪ Ketepatan waktu pelaksanaan Performance Appraisal (n=10, tiap semester)

Variable Control Chart
X bar – S Chart

Rumus garis kendali, yaitu:

Peta $\bar{X}$:

$UCL = \bar{\bar{X}} + A_3.\bar{S}$

$LCL = \bar{\bar{X}} - A_3.\bar{S}$

$CL = \bar{\bar{X}}$

Peta S :

$UCL = B_4.\bar{S}$

$LCL = B_3.\bar{S}$

$CL = \bar{S}$

A_3, B_3, B_4 diambil dari Table A. Factors for Computing Control Chart Lines

$\bar{X}$ = rata-rata hasil pengukuran dalam sekali pengamatan

S = standard deviasi setiap sub group

$\bar{\bar{X}} = \Sigma \bar{X} / N$ (N = jumlah pengamatan)

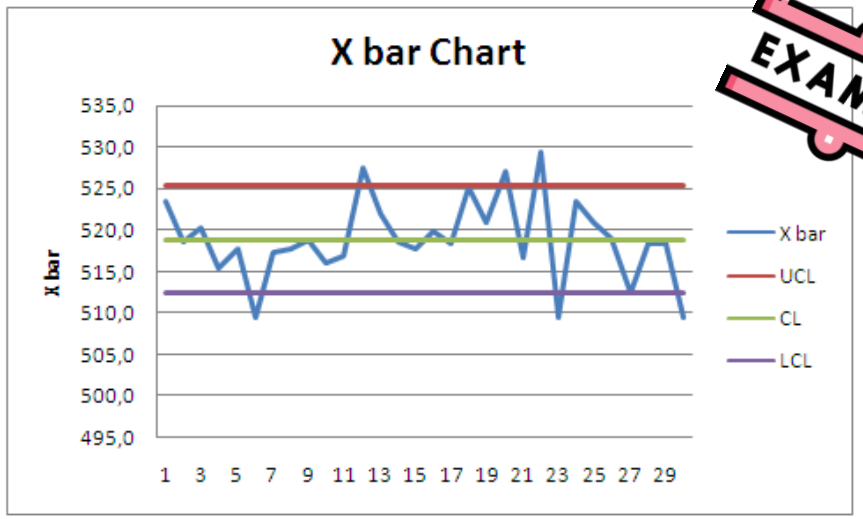
$\bar{S} = \Sigma S / N$

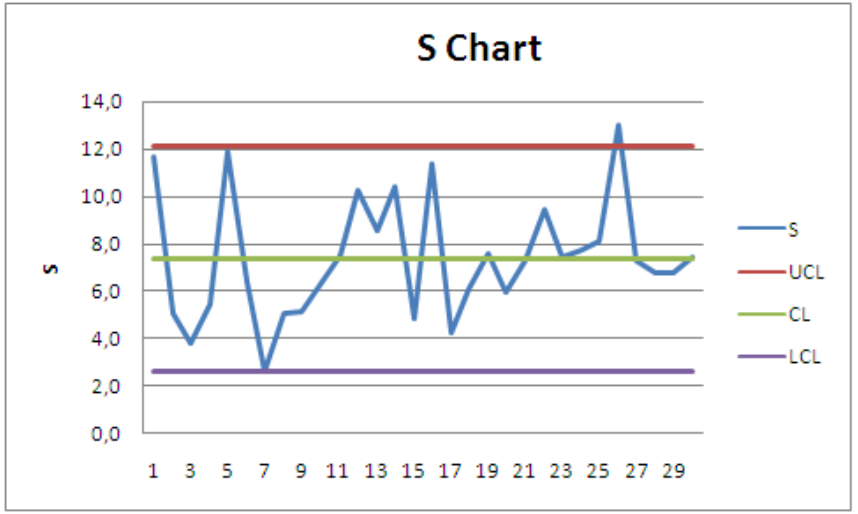
$$S = \sqrt{\frac{\Sigma (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

= STDEV (...:..)

Sample Size = m	A_2	A_3	d_2	D_3	D_4	B_3	B_4
2	1.880	2.659	1.128	0	3.267	0	3.267
3	1.023	1.954	1.693	0	2.574	0	2.568
4	0.729	1.628	2.059	0	2.282	0	2.266
5	0.577	1.427	2.326	0	2.114	0	2.089
6	0.483	1.287	2.534	0	2.004	0.030	1.970
7	0.419	1.182	2.704	0.076	1.924	0.118	1.882
8	0.373	1.099	2.847	0.136	1.864	0.185	1.815
9	0.337	1.032	2.970	0.184	1.816	0.239	1.761
10	0.308	0.975	3.078	0.223	1.777	0.284	1.716
11	0.285	0.927	3.173	0.256	1.744	0.321	1.679
12	0.266	0.886	3.258	0.283	1.717	0.354	1.646
13	0.249	0.850	3.336	0.307	1.693	0.382	1.618
14	0.235	0.817	3.407	0.328	1.672	0.406	1.594
15	0.223	0.789	3.472	0.347	1.653	0.428	1.572

Variable Control Chart
X bar – S Chart





EXAMPLE

KESIMPULAN:

Dari Control Chart X bar - S , terlihat bahwa masih ada beberapa titik yang tidak berada di dalam batas UCL/LCL, yang menunjukkan ada outliers/pencilan data yang harus dicari penyebabnya,

jika memang ada penyebab khusus maka data tersebut didrop, dan ulangi perhitungan UCL/LCL hingga semua data masuk dalam batas UCL/LCL

(syarat ketentuan : lihat Ketentuan dalam Pembuatan Control Chart)

Variable Control Chart
X – MR Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Definisi

Adalah variabel control chart dimana **data yang dikumpulkan dalam setiap pengamatan jumlahnya 1.**

Disebut Moving Range karena Range diperoleh dari data yang bergerak yakni data dari pengujian satu ke pengujian berikutnya.

Kapan digunakan:

- ✓ Jika ingin mengetahui stabilitas suatu proses
- ✓ Jika datanya adalah data variabel
- ✓ Jika setiap data yang dikumpulkan adalah data individu
- ✓ Umumnya digunakan dalam industri yang berjalan 24 jam seperti semen, pupuk kimia, minyak dimana dalam setiap pengambilan data hasilnya relatif homogen sehingga cukup diambil satu sampel
- ✓ Dapat juga digunakan dimana pengujian hanya dapat dilakukan sedikit saja, karena faktor biaya, atau memang sedikit produksi yang tersedia

Variable Control Chart
X – MR Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Contoh Penerapan X – MR Chart

Manufacture

- Volume – ml (1x per 4 jam per nozzle)
- Waktu sterilisasi – menit (1x sehari)
- Pressure – KVA (1x sehari)
- Flow – ml /menit (1 x sehari)

Service

- Lama perhitungan gaji karyawan tiap bln
- Manhour kegiatan knowledge sharing tiap bulan
- Mandays karyawan sakit tiap hari / bulan
- Indeks kepuasan karyawan tiap tahun

Variable Control Chart
X – MR Chart

Rumus garis kendali, yaitu:

Peta X :

$$UCL = \bar{X} + E_2.\overline{mR}$$
$$LCL = \bar{X} - E_2.\overline{mR}$$
$$CL = \bar{X}$$

Peta Moving Range :

$$UCL = D_4.\overline{mR}$$
$$LCL = D_3.\overline{mR}$$
$$CL = \overline{mR}$$

E_2, D_3, D_4 diambil dari Table A. Factors for Computing Control Chart Lines (untuk n= 2--> E_2 = 2.66)

X = hasil pengukuran dalam sekali pengamatan

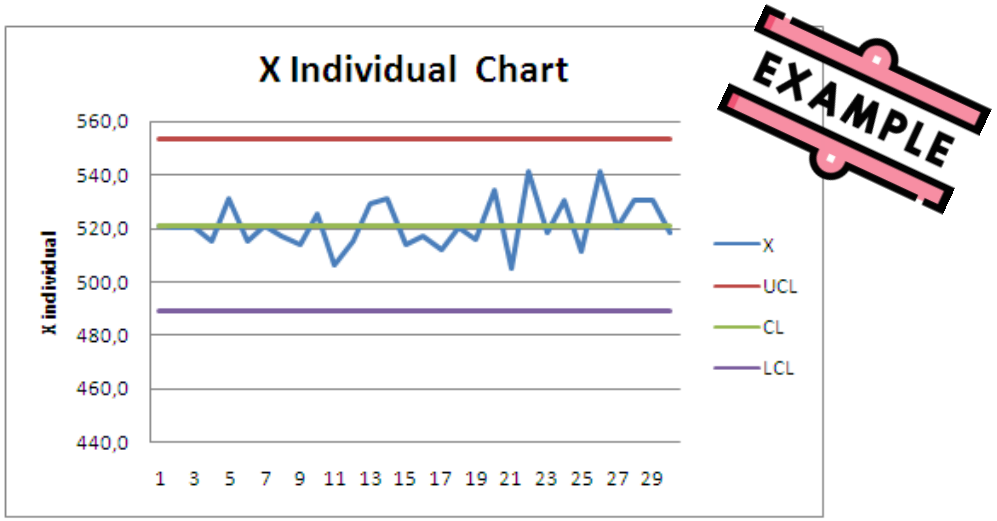
$\overline{mR}$ = range dari sekelompok data yang berturutan

$\bar{X} = \Sigma X / N$ (N = jumlah pengamatan)

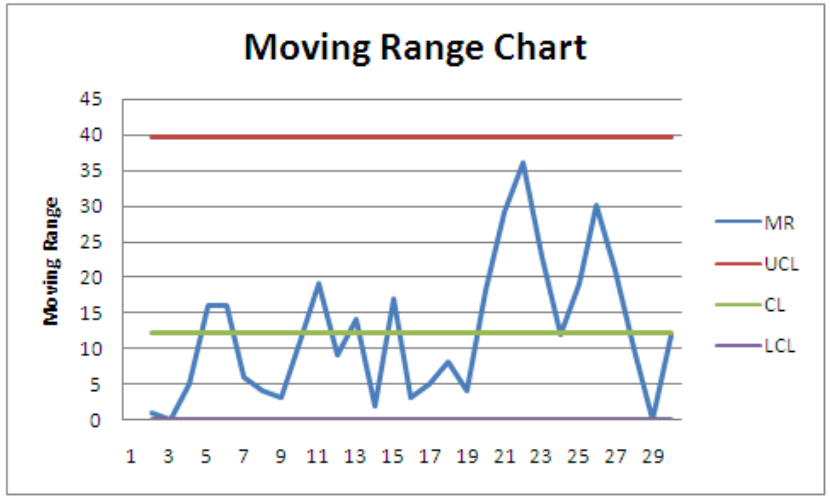
$\overline{mR} = \Sigma mR / (N-n+1)$

Subgroup Size (n)	E2
2	2.660
3	1.772
4	1.457
5	1.290
6	1.184
7	1.109
8	1.054
9	1.010
10	0.975

Variable Control Chart
X – MR Chart



EXAMPLE



KESIMPULAN:

Dari X Individual Control Chart , menunjukkan bahwa semua titik (X dan moving range) sudah berada dalam batas UCL/LCL, dan data proses in control, maka untuk pengendalian proses di masa mendatang dapat menggunakan acuan :

X individual Chart:
UCL = 553,6; CL = 521,2; LCL = 488,9

Moving Range Chart:
UCL = 39,8; CL = 12,2; LCL = 0

PENGONTROLAN DENGAN CONTROL CHART

TAHAP I
PEMBUATAN CONTROL LIMIT - I-MR Chart
- LEAD TIME RELEASE TO RTS ENGINE PRODUCTS-

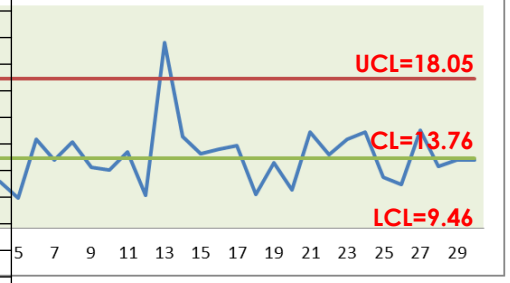
1. Kumpulkan data sebanyak 30 pengulangan. Misal dicatat lead time Release to RTS dari 30 Engine Products
2. Hitung : Rata-rata
3. Hitung UCL , LCL , CL
4. Jika LCL negative : di nol kan
5. Periksa grafik yang dihasilkan apakah semua titik berada di dalam UCL/LCL
6. Untuk data yang di luar UCL/LCL apakah ada special causes?
7. Jika ada special causes, data tersebut dikeluarkan,

Individual Moving Range Chart

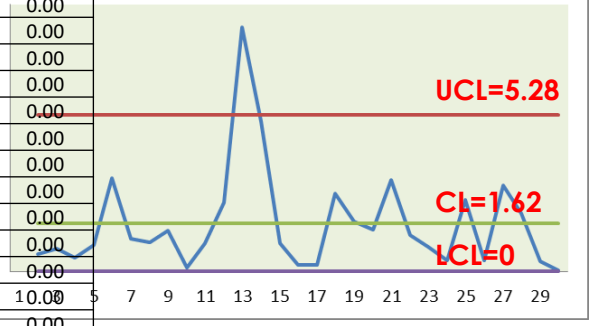
Product #	PETA X				PETA MR			
	X	UCL	CL	LCL	MR	UCL	CL	LCL
1	12.82	18.05	13.76	9.46				
2	12.23	18.05	13.76	9.46	0.59	5.28	1.62	0.00
3	13.00	18.05	13.76	9.46	0.77	5.28	1.62	0.00
4	12.52	18.05	13.76	9.46	0.48	5.28	1.62	0.00
5	11.62	18.05	13.76	9.46	0.90	5.28	1.62	0.00
6	14.77	18.05	13.76	9.46	3.15	5.28	1.62	0.00
7	13.66	18.05	13.76	9.46	1.11	5.28	1.62	0.00
8	14.66	18.05	13.76	9.46	1.00	5.28	1.62	0.00
9	13.27	18.05	13.76	9.46	1.39	5.28	1.62	0.00
10	13.12	18.05	13.76	9.46	0.15	5.28	1.62	0.00
11	14.09	18.05	13.76	9.46	0.97	5.28	1.62	0.00
12	11.76	18.05	13.76	9.46	2.33	5.28	1.62	0.00
13	20.00	18.05	13.76	9.46	8.24	5.28	1.62	0.00
14	14.94	18.05	13.76	9.46	5.06	5.28	1.62	0.00
15	13.99	18.05	13.76	9.46	0.95	5.28	1.62	0.00
16	14.23	18.05	13.76	9.46	0.24	5.28	1.62	0.00
17	14.46	18.05	13.76	9.46	0.23	5.28	1.62	0.00
18	11.83	18.05	13.76	9.46	2.63	5.28	1.62	0.00
19	13.51	18.05	13.76	9.46	1.68	5.28	1.62	0.00
20	12.08	18.05	13.76	9.46	1.43	5.28	1.62	0.00
21	15.17	18.05	13.76	9.46	3.09	5.28	1.62	0.00
22	13.95	18.05	13.76	9.46	1.22	5.28	1.62	0.00
23	14.78	18.05	13.76	9.46	0.83	5.28	1.62	0.00
24	15.17	18.05	13.76	9.46	0.39	5.28	1.62	0.00
25	12.74	18.05	13.76	9.46	2.43	5.28	1.62	0.00
26	12.37	18.05	13.76	9.46	0.37	5.28	1.62	0.00
27	15.27	18.05	13.76	9.46	2.90	5.28	1.62	0.00
28	13.32	18.05	13.76	9.46	1.95	5.28	1.62	0.00
29	13.68	18.05	13.76	9.46	0.36	5.28	1.62	0.00
30	13.65	18.05	13.76	9.46	0.03	5.28	1.62	0.00

UJI LIMIT

X Individual Chart



Moving Range Chart



X bar	13.76
MR bar	1.62
n =	2
E2 =	2.660
D3 =	0.000
D4=	3.267

	PETA X	PETA MR
UCL	18.05	5.28
CL	13.76	1.62
LCL (+)	9.46	0.00
LCL (+/-)	9.46	0.00

Jika LCL < 0 --> dinolkan

Type Control Chart	Sample size n	Central Line*	Control Limits
Individuals & Moving Range	1	$\bar{X} = \frac{(X_1+X_2+\ldots X_k)}{k}$	$UCL_X = \bar{X} + E_2\bar{R}_m$ $LCL_X = \bar{X} - E_2\bar{R}_m$
X and R_m		$R_m = \lvert(X_{i+1} - X_i)\rvert$ $\bar{R}_m = \frac{(R_1 + R_2 + \ldots R_{k-1})}{k-1}$	$UCL_{Rm} = D_4\bar{R}_m$ $LCL_{Rm} = D_3\bar{R}_m$

PENGONTROLAN DENGAN CONTROL CHART

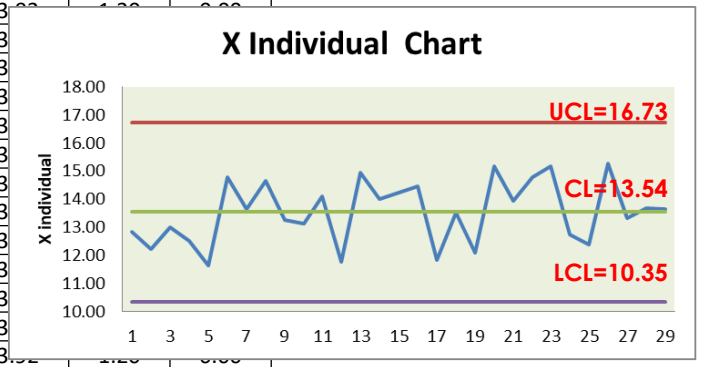
TAHAP I
PEMBUATAN CONTROL LIMIT - I-MR Chart
-LEAD TIME RELEASE TO RTS ENGINE PRODUCTS-

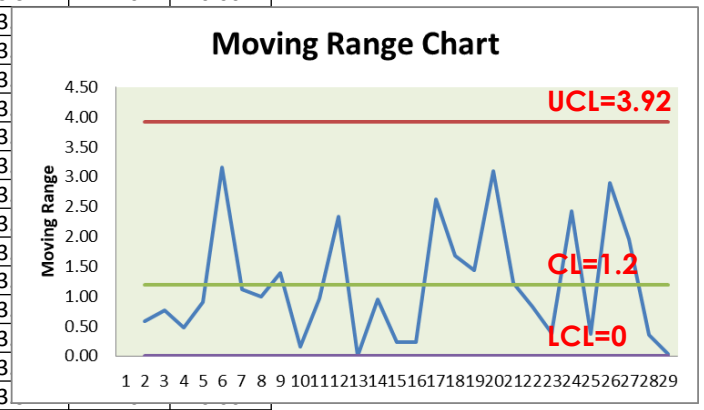
8. Hitung ulang UCL/LCL (Revisi Limit) hingga semua titik berada dalam UCL/LCL
9. Data yang dikeluarkan max 20% dari 30 data
10. Jika setelah data dikeluarkan semakin banyak data yang keluar , maka menunjukkan proses belum stabil, tdiak ada polanya
11. Lakukan analisa sebab dan tindakan perbaikan

Individual Moving Range Chart

REVISI LIMIT

Product #	PETA X				PETA MR			
	X	UCL	CL	LCL	MR	UCL	CL	LCL
1	12.82	16.73	13.54	10.35				
2	12.23	16.73	13.54	10.35	0.59	3		
3	13.00	16.73	13.54	10.35	0.77	3		
4	12.52	16.73	13.54	10.35	0.48	3		
5	11.62	16.73	13.54	10.35	0.90	3		
6	14.77	16.73	13.54	10.35	3.15	3		
7	13.66	16.73	13.54	10.35	1.11	3		
8	14.66	16.73	13.54	10.35	1.00	3		
9	13.27	16.73	13.54	10.35	1.39	3		
10	13.12	16.73	13.54	10.35	0.15	3		
11	14.09	16.73	13.54	10.35	0.97	3		
12	11.76	16.73	13.54	10.35	2.33	3		
14	14.94	16.73	13.54	10.35	0.00	3		
15	13.99	16.73	13.54	10.35	0.95	3		
16	14.23	16.73	13.54	10.35	0.24	3		
17	14.46	16.73	13.54	10.35	0.23	3		
18	11.83	16.73	13.54	10.35	2.63	3		
19	13.51	16.73	13.54	10.35	1.68	3		
20	12.08	16.73	13.54	10.35	1.43	3		
21	15.17	16.73	13.54	10.35	3.09	3		
22	13.95	16.73	13.54	10.35	1.22	3		
23	14.78	16.73	13.54	10.35	0.83	3		
24	15.17	16.73	13.54	10.35	0.39	3		
25	12.74	16.73	13.54	10.35	2.43	3		
26	12.37	16.73	13.54	10.35	0.37	3		
27	15.27	16.73	13.54	10.35	2.90	3		
28	13.32	16.73	13.54	10.35	1.95	3		
29	13.68	16.73	13.54	10.35	0.36	3		
30	13.65	16.73	13.54	10.35	0.03	3.92	1.20	0.00





X bar	13.54
MR bar	1.20
n =	2
E2 =	2.660
D3 =	0.000
D4=	3.267

	PETA X	PETA MR
UCL	16.73	3.92
CL	13.54	1.20
LCL (+)	10.35	0.00
LCL (+/-)	10.35	0.00

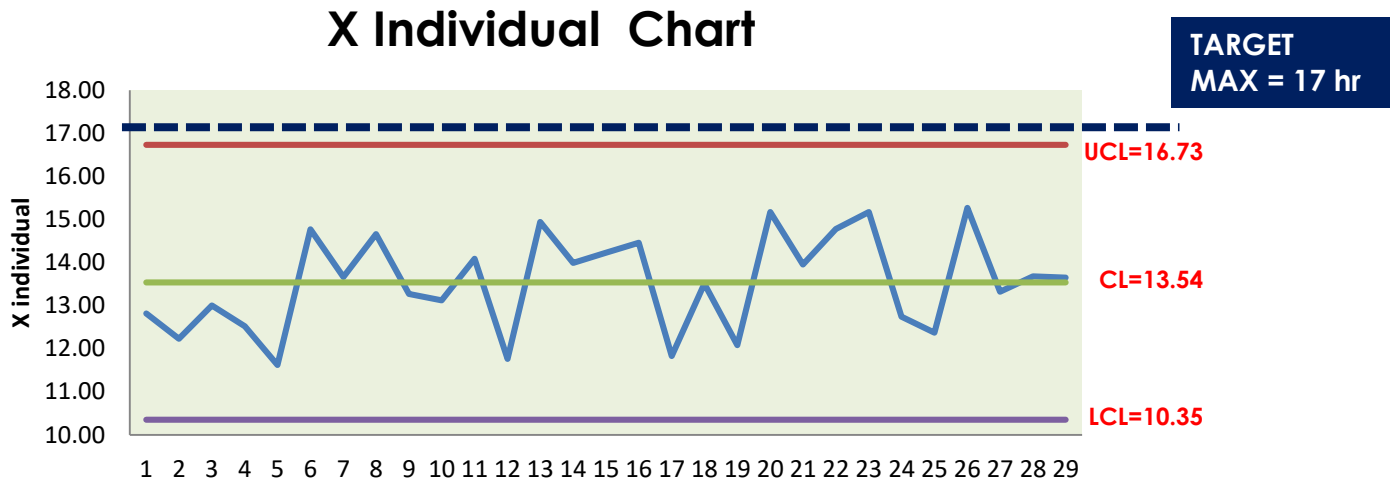
Jika LCL < 0 --> dinolkan

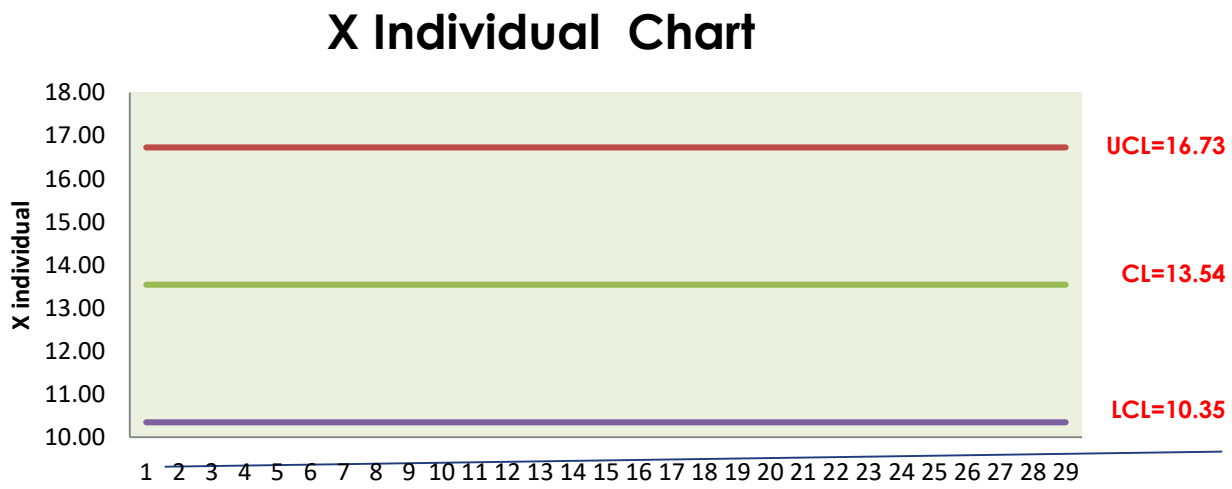
Type Control Chart	Sample size n	Central Line*	Control Limits
Individuals & Moving Range	1	$\bar{X} = \frac{(X_1+X_2+\ldots X_k)}{k}$	$UCL_X = \bar{X} + E_2\bar{R}_m$ $LCL_X = \bar{X} - E_2\bar{R}_m$
X and R_m		$R_m = \lvert(X_{i+1} - X_i)\rvert$ $\bar{R}_m = \frac{(R_1 + R_2 + \ldots R_{k-1})}{k-1}$	$UCL_{Rm} = D_4\bar{R}_m$ $LCL_{Rm} = D_3\bar{R}_m$

PENGONTROLAN DENGAN CONTROL CHART

TAHAP I
PEMBUATAN CONTROL LIMIT - I-MR Chart
-LEAD TIME RELEASE TO RTS ENGINE PRODUCTS-

12. Bandingkan dengan target, jika UCL-LCL memenuhi target, maka yang digunakan untuk pengontrolan ke depan adalah UCL-LCL
13. Jika UCL-LCL belum sesuai target, maka perbaiki proses (analisa sebab dan lakukan tindakan perbaikan) dan hitung lagi UCL/LCL hingga UCL/LCL berada dalam batas target

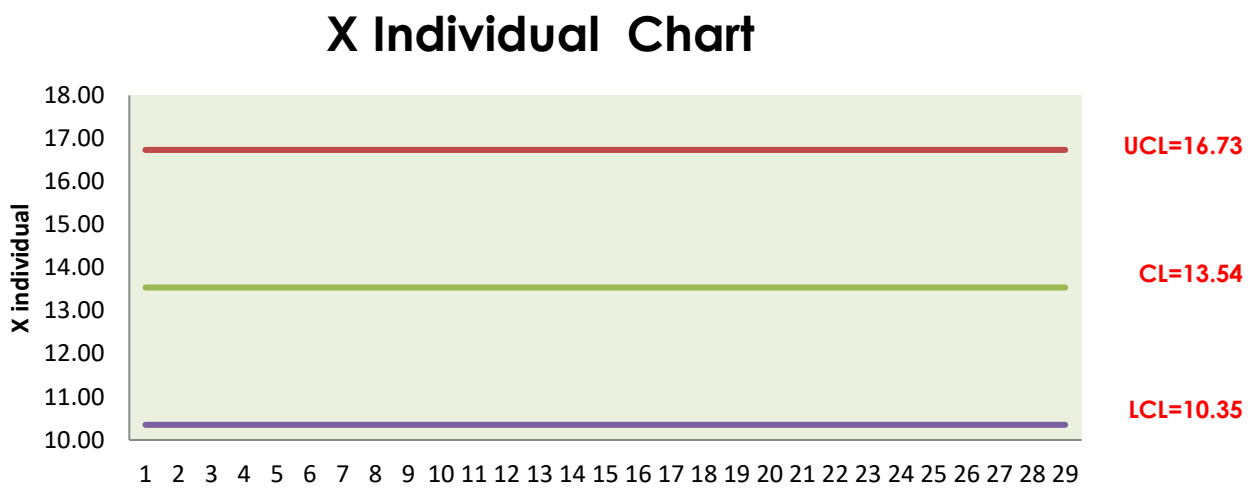


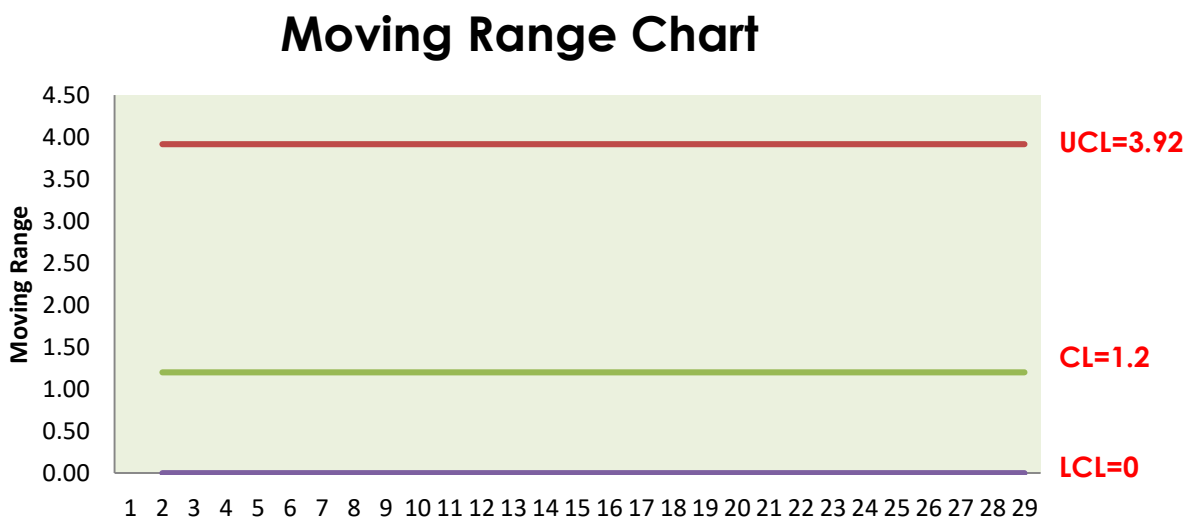


PENGONTROLAN DENGAN CONTROL CHART

TAHAP II : PENGONTROLAN LEAD TIME RELEASE TO RTS ENGINE PRODUCTS
dengan I-MR Chart

- Siapkan form pengendalian yang mencakup
  - UCL-RATA-RATA – LCL
  - (yang sudah distudy berdasarkan 30 data sebelumnya) → lihat cara pembuatan Control Limit
- Kumpulkan data **LEAD TIME RELEASE TO RTS ENGINE PRODUCTS**
- Plot angka X ke dalam grafik X Individual Chart dan
- Plot angka Moving Range ke dalam Moving Range Chart
- Analisa trend kinerja menggunakan Nelson Rule di halaman berikut
- Jika ditemui abnormality, lakukan analisa sebab dan tindakan perbaikan

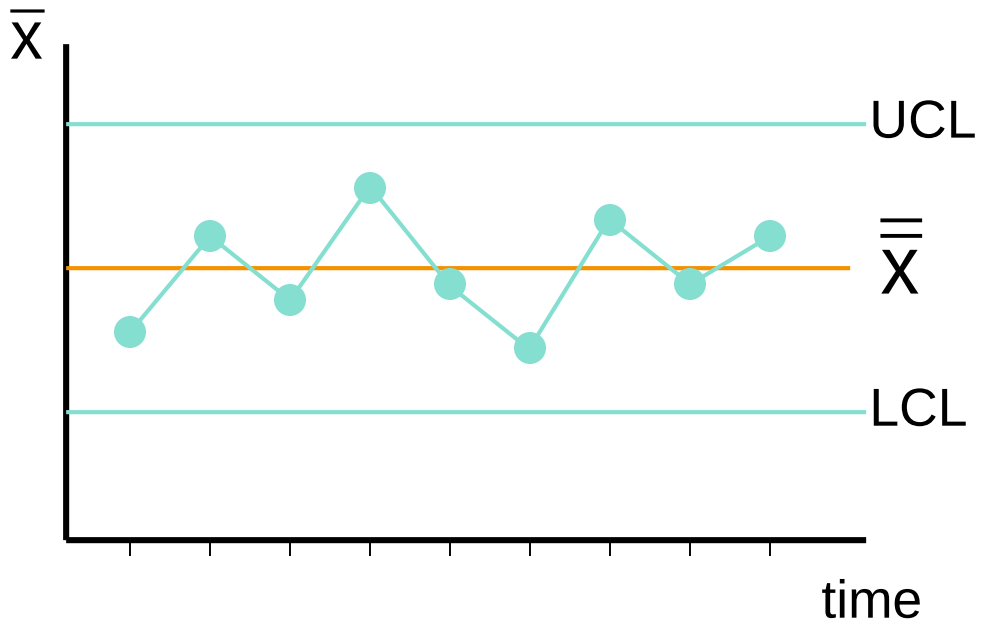




NOTE : TAHAP I & II CONTROL CHART , ADALAH CONTOH CONTROL CHART : UTK DATA VARIABLE : I – MR
UNTUK X bar – R DAN X bar – S PROSESNYA KURANG LEBIH SERUPA.

Process in Control

Process in control: Titik-titik terdistribusi secara random di sekitar center line dan semua titik berada di dalam control limit

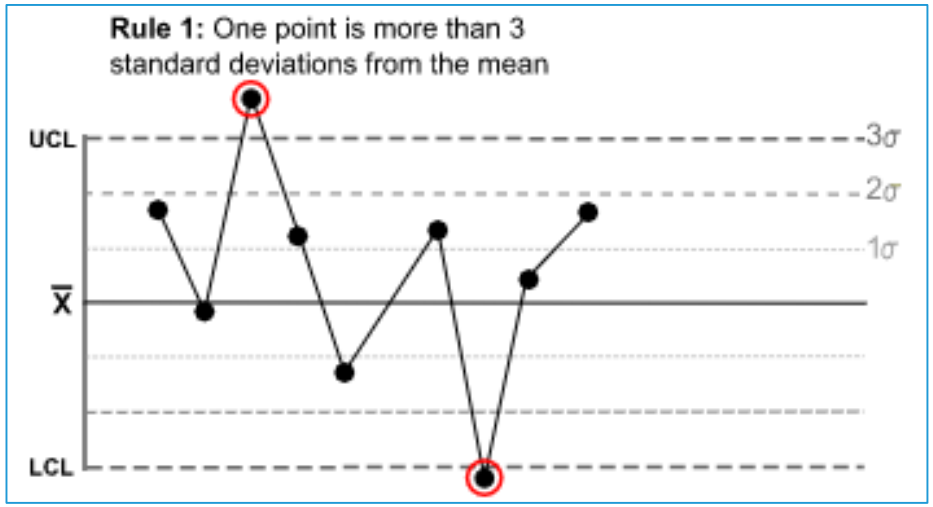


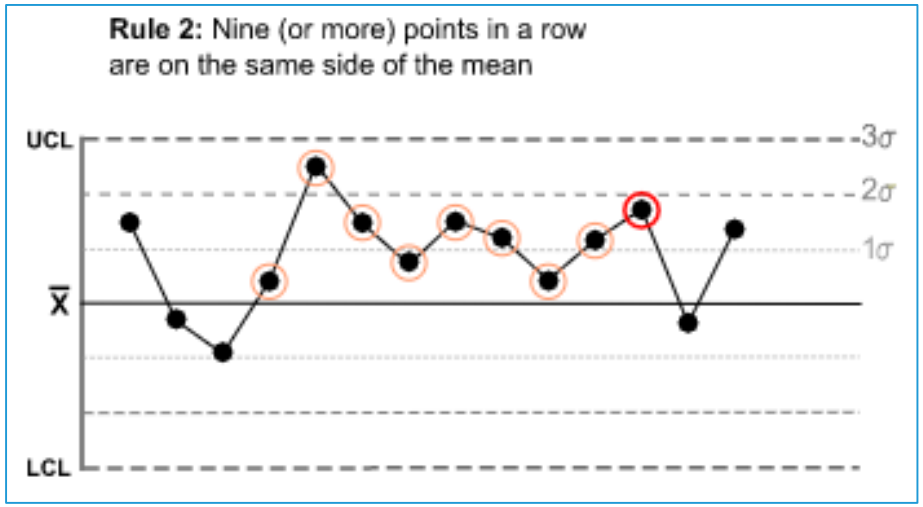
Process Out of Control

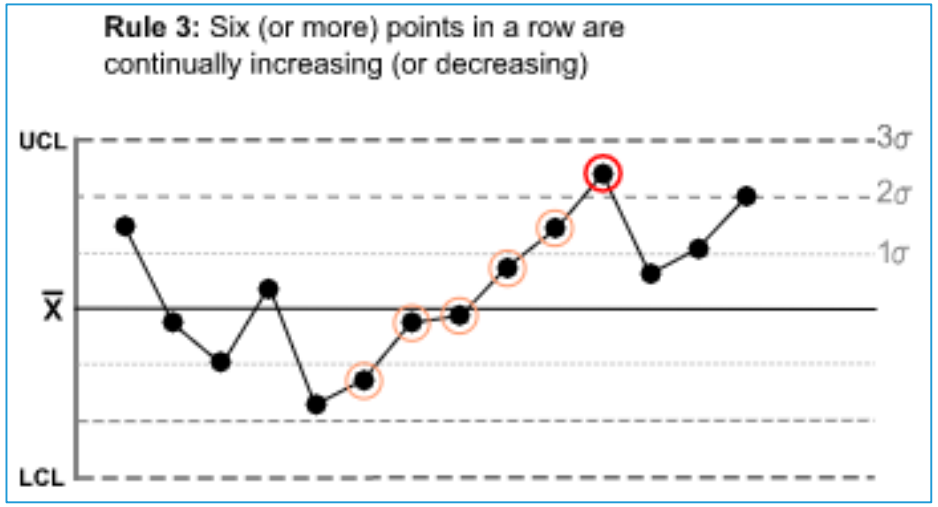
Jika control chart menunjukkan **out-of-control**

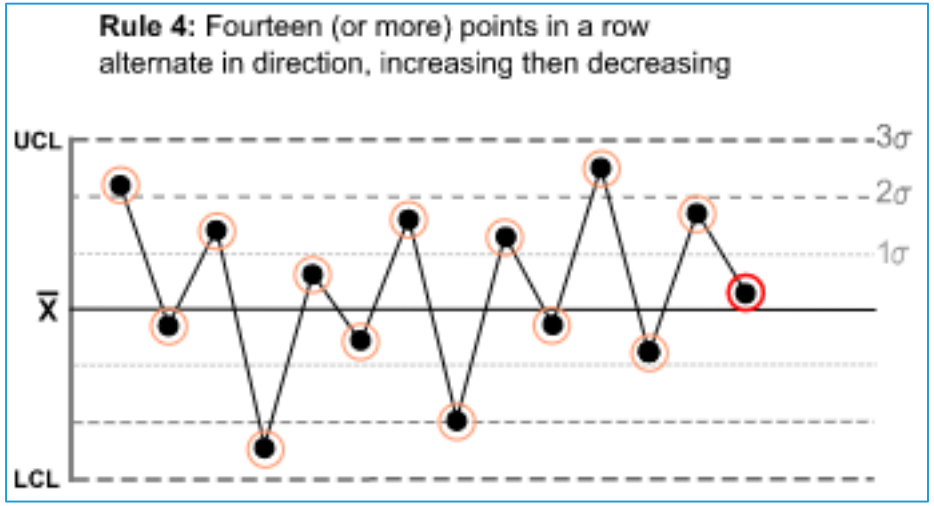
- Maka ada dua penyebab : common causes of variation dan Special causes of variation
- Special causes of variation harus diidentifikasi
  - Jika menunjukkan gejala penurunan mutu, maka special causes of variation harus dihilangkan
  - Jika menunjukkan gejala peningkatan mutu, maka special causes of variation harus diintegrasikan dalam proses

Process Out of Control
Nelson Rules



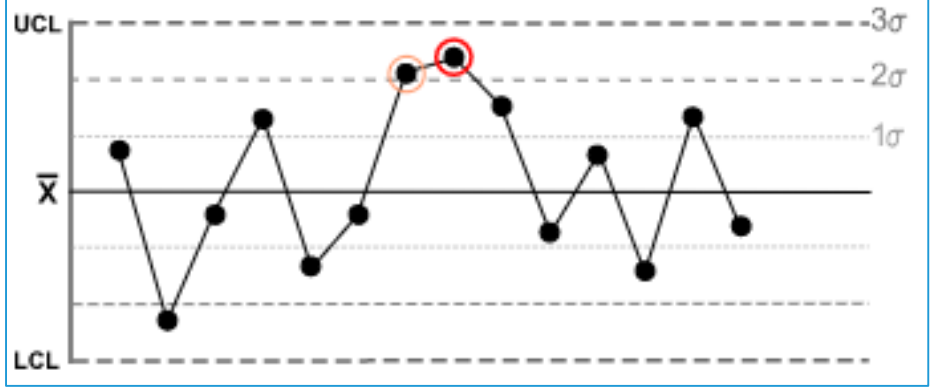




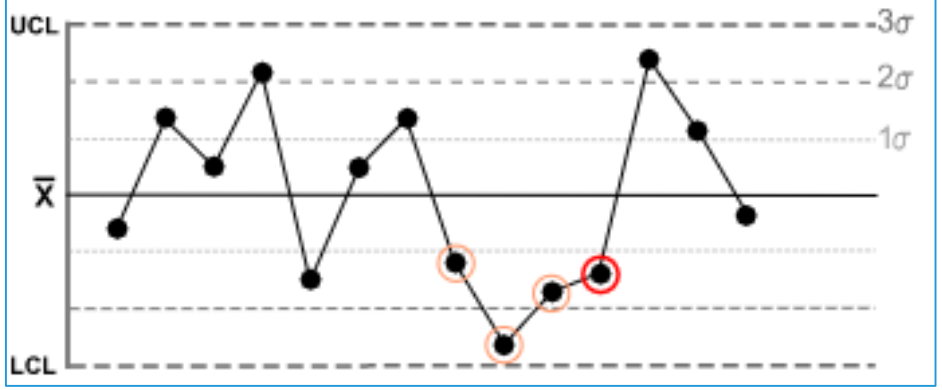


Process Out of Control
Nelson Rules

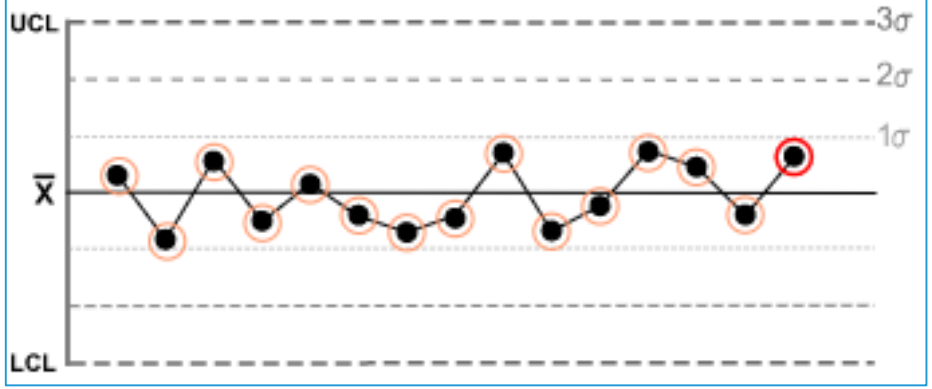
Rule 5: Two (or three) out of three points in a row are more than 2 standard deviations from the mean in the same direction



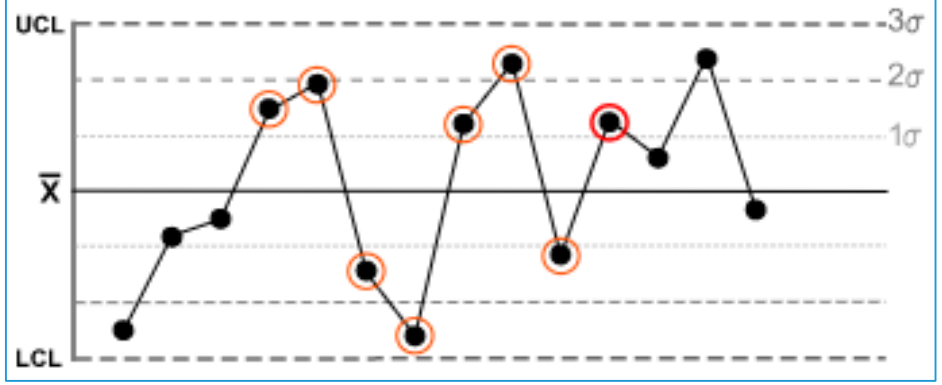
Rule 6: Four (or five) out of five points in a row are more than 1 standard deviation from the mean in the same direction



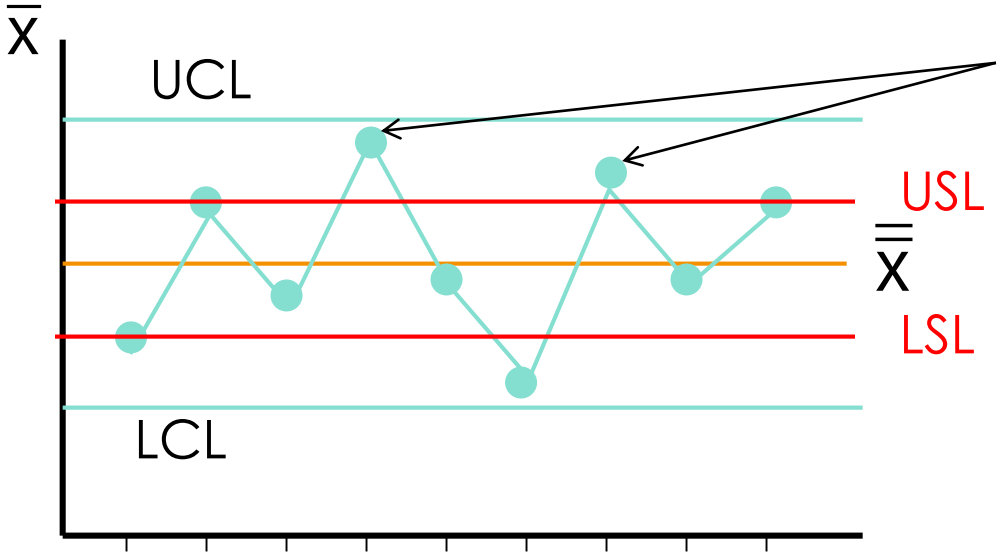
Rule 7: Fifteen points in a row are all within 1 standard deviation of the mean on either side of the mean



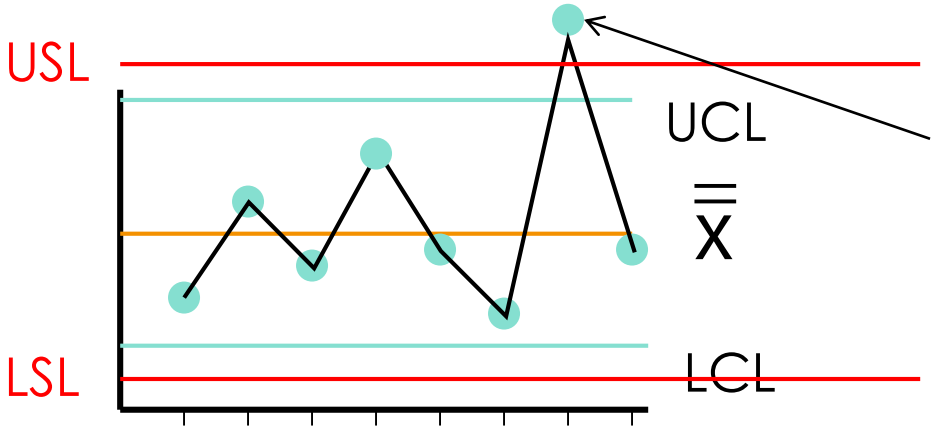
Rule 8: Eight points in a row exist with none within 1 standard deviation of the mean and the points are in both directions from the mean



Out of Control
Common Cause

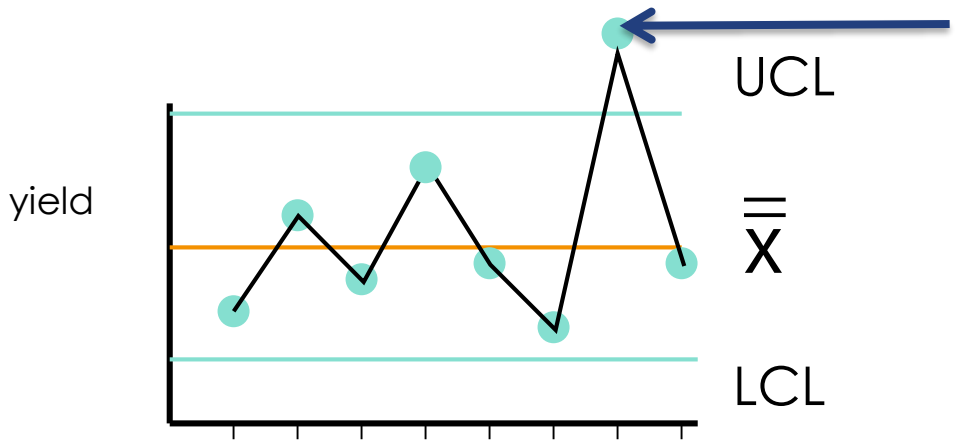


- Out Of Control karena Common causes (Tidak dapat dikurangi dengan adjustment proses saja, tetapi harus dengan **merubah proses**.
- **Lakukan analisa sebab dan cari solusi untuk menurunkan variabilitas proses yang tinggi**
- **Sementara proses belum dirubah maka titik yang out of control dibiarkan ("dikorbankan") daripada variabilitasnya semakin tinggi**

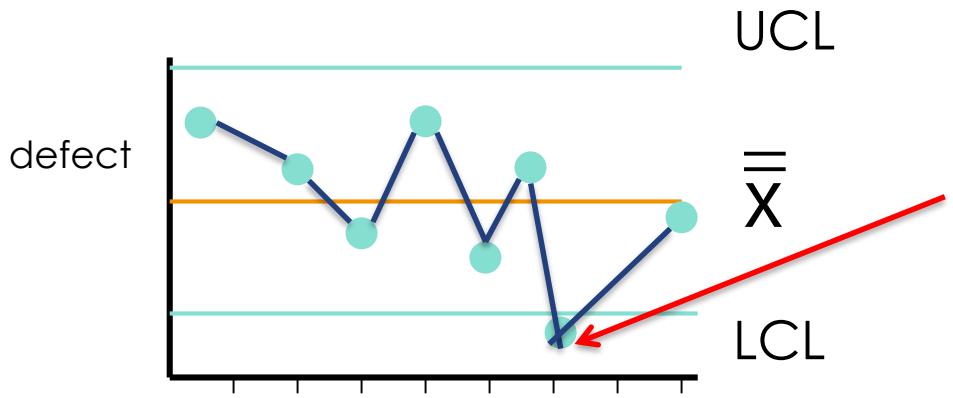


Out of Control karena Special causes (Dapat dikurangi dengan melakukan adjustment proses) yang dilakukan sesuai hasil analisa sebab

Out of Control
Special Cause



Out of control karena special causes, tetapi menunjukkan gejala <u>Peningkatan mutu</u> (yield meningkat) → diintegrasikan ke dalam proses



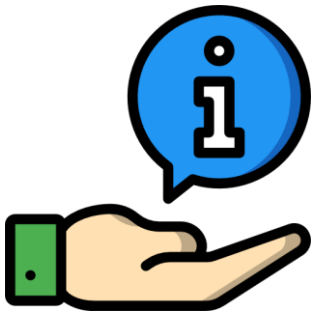
Out of control, karena special causes tetapi menunjukkan gejala <u>Peningkatan mutu</u> (defect menurun) → diintegrasikan ke dalam proses

Process Capability Analysis

Process Capability Analysis

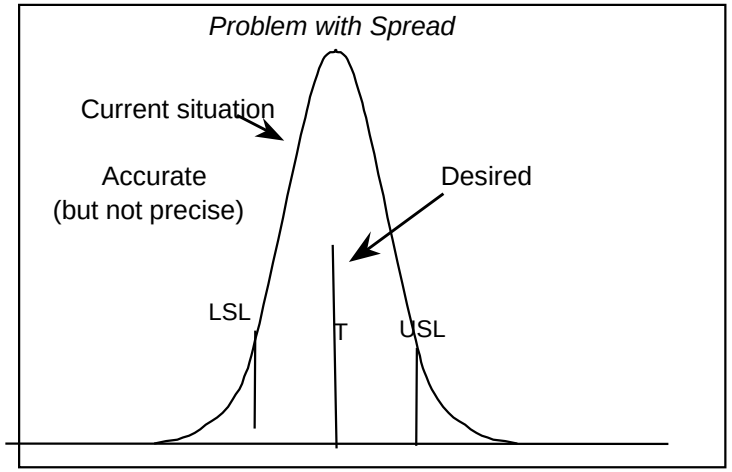
Definisi:

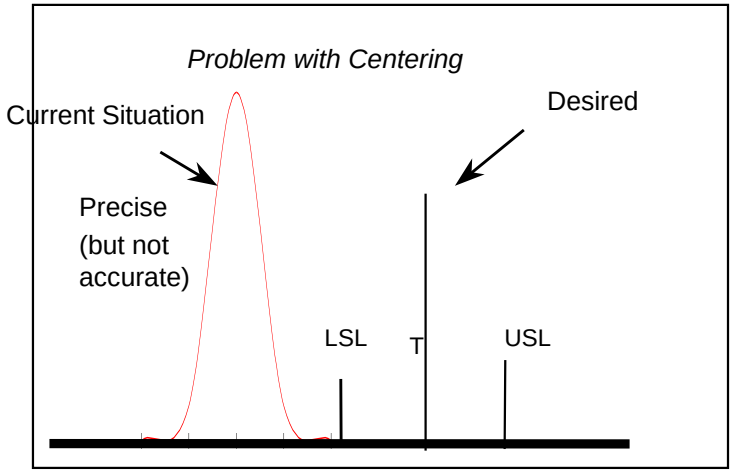
Suatu analisa untuk **memprediksi seberapa konsisten proses memenuhi spesifikasi** yang ditentukan pelanggan internal atau eksternal

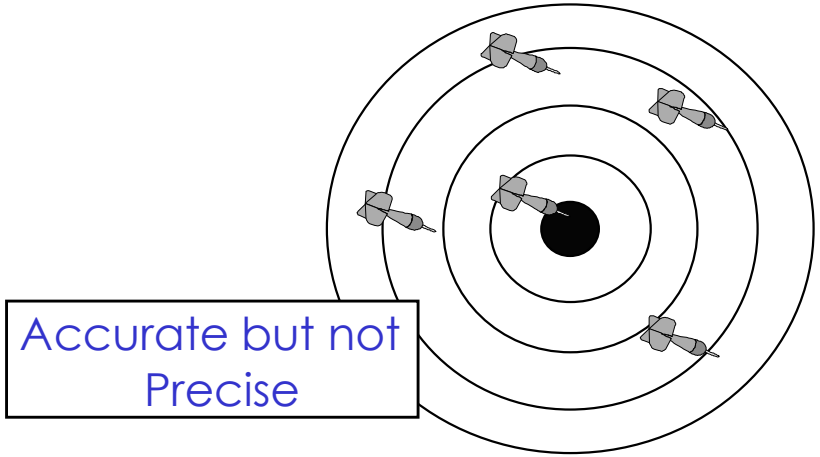


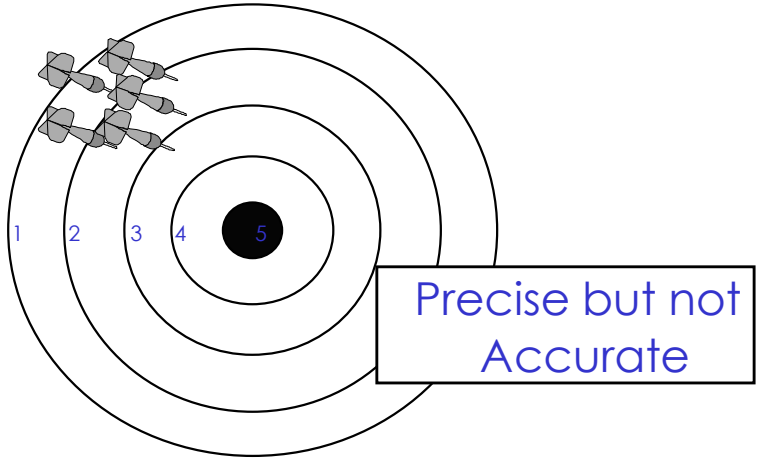
- **Proses disebut 'capable'** jika mampu menghasilkan hampir 100% output sesuai spesifikasi dan sesuai target atau variabilitas prosesnya memenuhi spesifikasi dan rata-rata proses sesuai target
- **Proses disebut 'Tidak Capable'** , jika ditemui kondisi berikut:
  - karena variabilitas prosesnya tidak sesuai dengan spesifikasi dan/atau
  - karena rata-rata prosesnya tidak sesuai target

Mengapa perlu Process Capability Analysis?

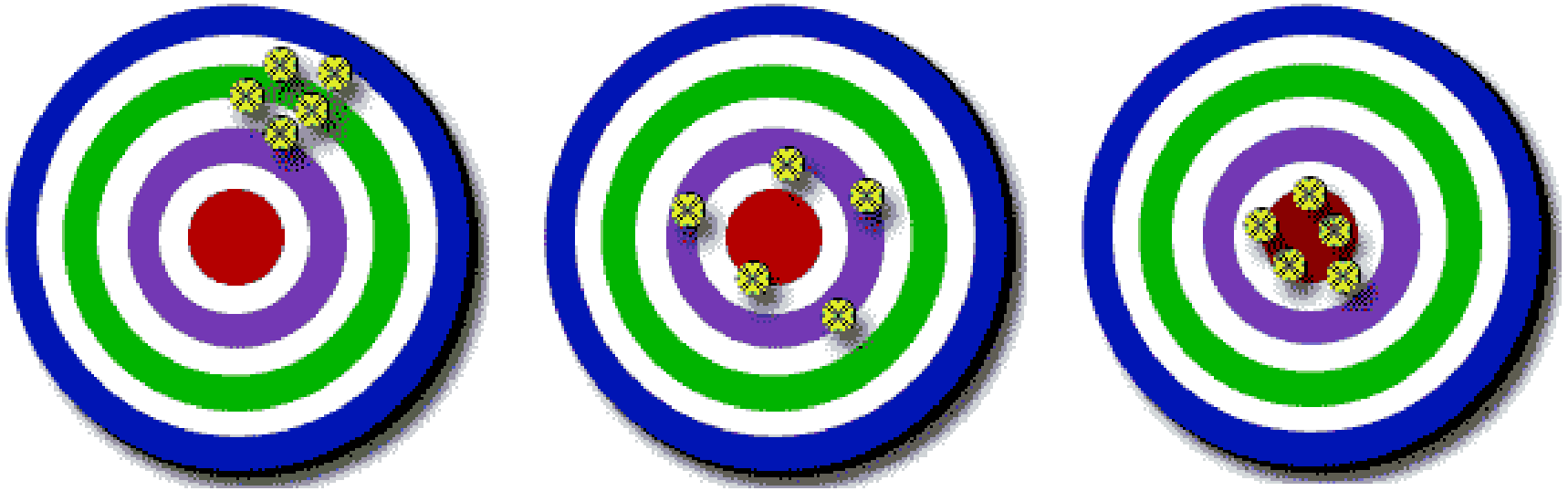








Presisi dan Akurasi



Low Accuracy
High Precision

High Accuracy
Low Precision

High Accuracy
High Precision

Accuracy : seberapa dekat **hasil pengukuran sesuai nilai target**

Precision : seberapa **konsisten hasil pengukuran satu dengan lainnya**

Process Capability Analysis

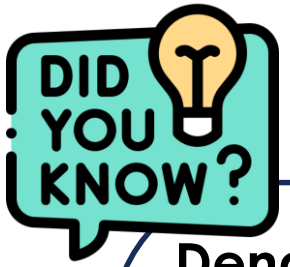
- Untuk **mengetahui seberapa baik proses memenuhi spesifikasi** ada dua index capability yang digunakan, yaitu:

1. "Potential" Capability Index = Cp
2. "Real" Capability Index = Cpk

- Dengan mengetahui Capability Index, membantu memfokuskan pada target value, yaitu value yang paling diinginkan pelanggan.

- Meskipun output 100% berada di dalam spesifikasi limit, bisa jadi pelanggan tidak puas & memungkinkan hilangnya bisnis

Process Capability Analysis



Dengan melakukan Process Capability Analysis dapat diketahui:

- Apakah proses memenuhi spesifikasi
- Bagaimana kinerja proses di masa mendatang
- Apakah perlu dilakukan perbaikan di dalam proses
- Apakah improvement yang dilakukan bisa mempertahankan kinerja, atau malah menurun?

Penerapan

- Menguji apakah setup mesin baru sudah OK,
- Menguji seberapa baik performance dari suatu alat/ mesin / sekelompok pekerja terhadap suatu parameter (dimensi, dll) dalam periode tertentu (daily, weekly, monthly, dll)
- Sebagai persyaratan untuk penerimaan produk

Process Capability Analysis
Langkah-langkah

LANGKAH ANALYSIS:

1. Tetapkan parameter yang akan dianalisis : temperatur, dimensi, viskositas, dll (data variabel)
2. Kumpulkan data untuk setiap parameter yang akan dianalisa, $n \geq 30$ (populasi homogen)
3. Buatlah Control Chart yang sesuai, analisa apakah Chart dalam keadaan in control atau out of control. Proses harus dalam keadaan in control (stabil) sebelum melakukan analisa process capability. Proses yang tidak stabil tidak bisa dijadikan acuan untuk memprediksi. Jika proses stabil maka dapat diprediksi performance mendatang dan bagaimana meningkatkan capability
4. Hitung Cp dan/atau Cpk
5. Process Capability Analysis bisa dilakukan secara periodik (harian, mingguan atau bulanan, per batch produksi, dll)

Process 'Potential' Capability Index - Cp

Cp = Index yang **menunjukkan kemampuan suatu proses dalam memenuhi Spesifikasi Limit (atas & bawah)**, dimana perhitungannya hanya **memperhatikan spread (sebaran data) namun <u>Tidak</u> memperhatikan centering dari proses.**

Cp ini mengukur seberapa baik presisi suatu parameter proses

Karena Cp tidak memperhitungkan centering dari proses, maka **nilai Cp tak dapat digunakan sebagai index tersendiri dalam menggambarkan performance proses**, dan harus disertai dengan Cpk

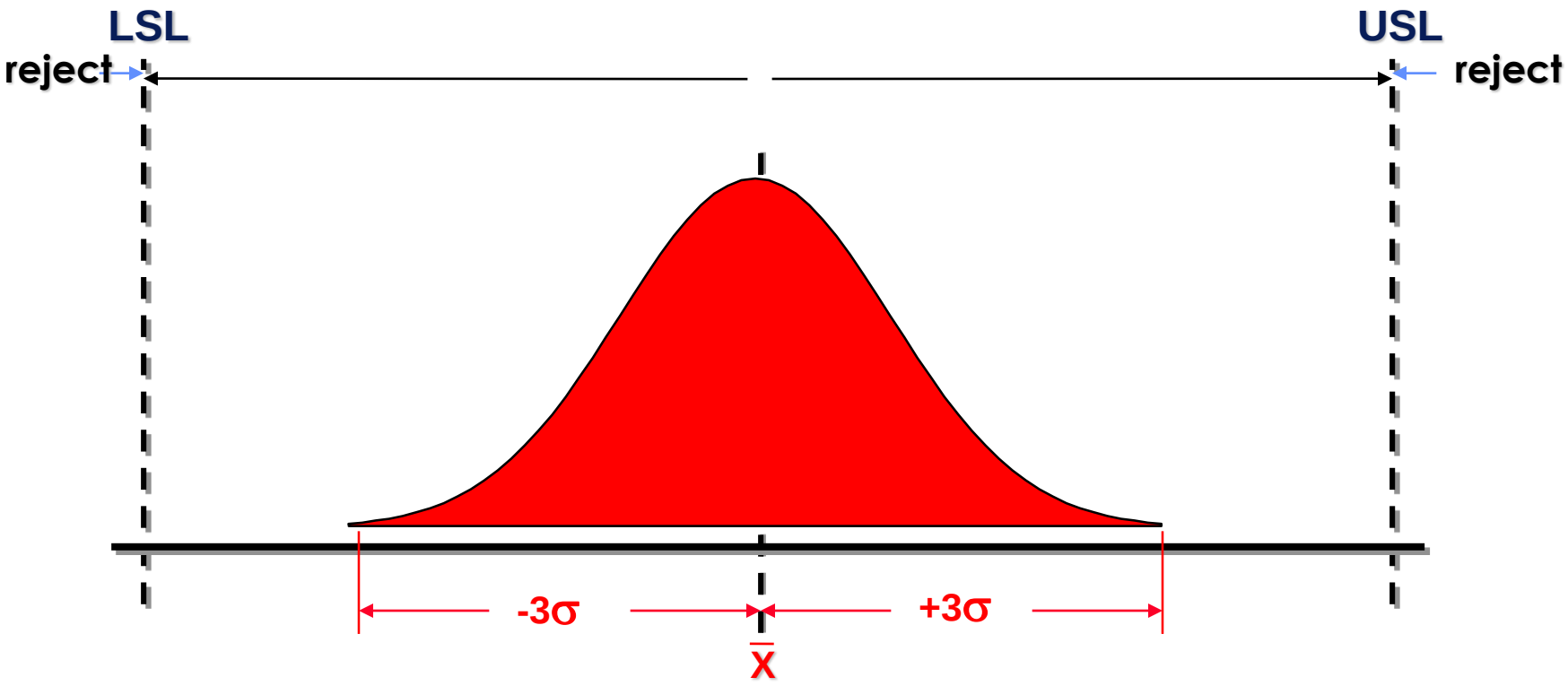
$$Cp = \frac{\text{Spec. Atas - Spec. Bawah}}{6s}$$

→ Jika ada 2 batas Spec. :
pec. Atas & Spec. Bawah

Process 'Potential' Capability Index - Cp

$$Cp = \frac{\text{Spec. Atas - Spec. Bawah}}{6\sigma}$$

Berlaku untuk proses dengan 2 Spec. (Spec. Atas & Spec. Bawah)



s dapat diestimasi dari :

1. Standard deviasi sampel S: $\bar{X}$: **rata-rata**
   S : Std. Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dalam Minitab, jika menggunakan rumus ini , maka hasilnya adalah Ppk

2. Data dari Peta Kendali Xbar- R atau X bar-S:

Dalam Minitab, jika menggunakan rumus ini , maka hasilnya adalah Cpk

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

$\bar{R}$ = rata-rata range pada peta kendali X bar-R
d_2 = konstanta yang besarnya tergantung jumlah observasi dalam menghitung range (besar subgroup)

$$\sigma = \frac{\bar{S}}{c_4}$$

$\bar{S}$ = rata-rata satndard deviasi pada peta kendali X bar-S
c_4 = konstanta yang besarnya tergantung jumlah observasi dalam menghitung standard deviasi(besar subgroup)

Interpretasi Process 'Potential' Capability - Cp

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

- Variabilitas Proses dikatakan **memenuhi spesifikasi yang ditetapkan**, jika:

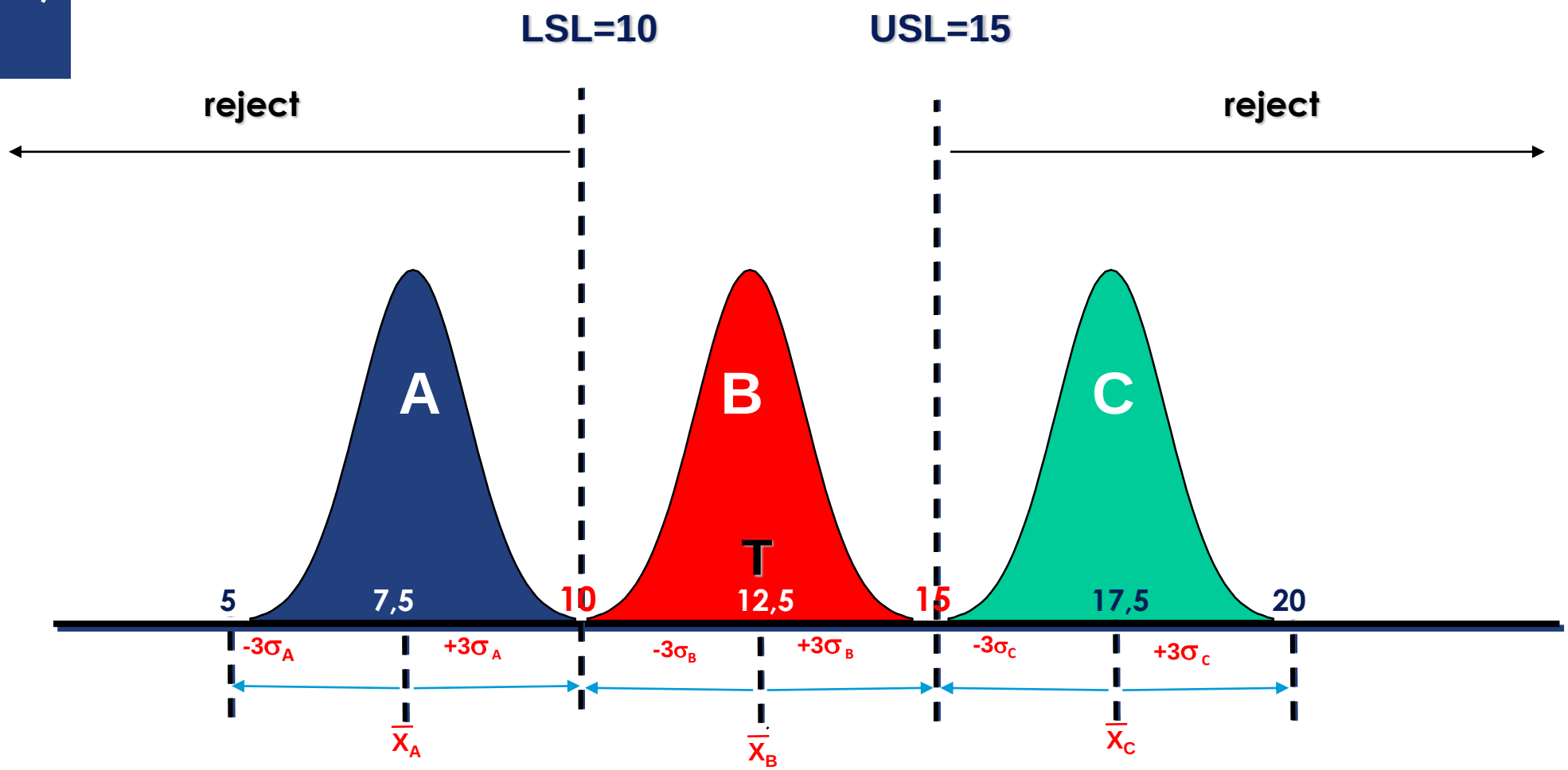
Index Capability Process ≥ 1 ,

atau Cp ≥1

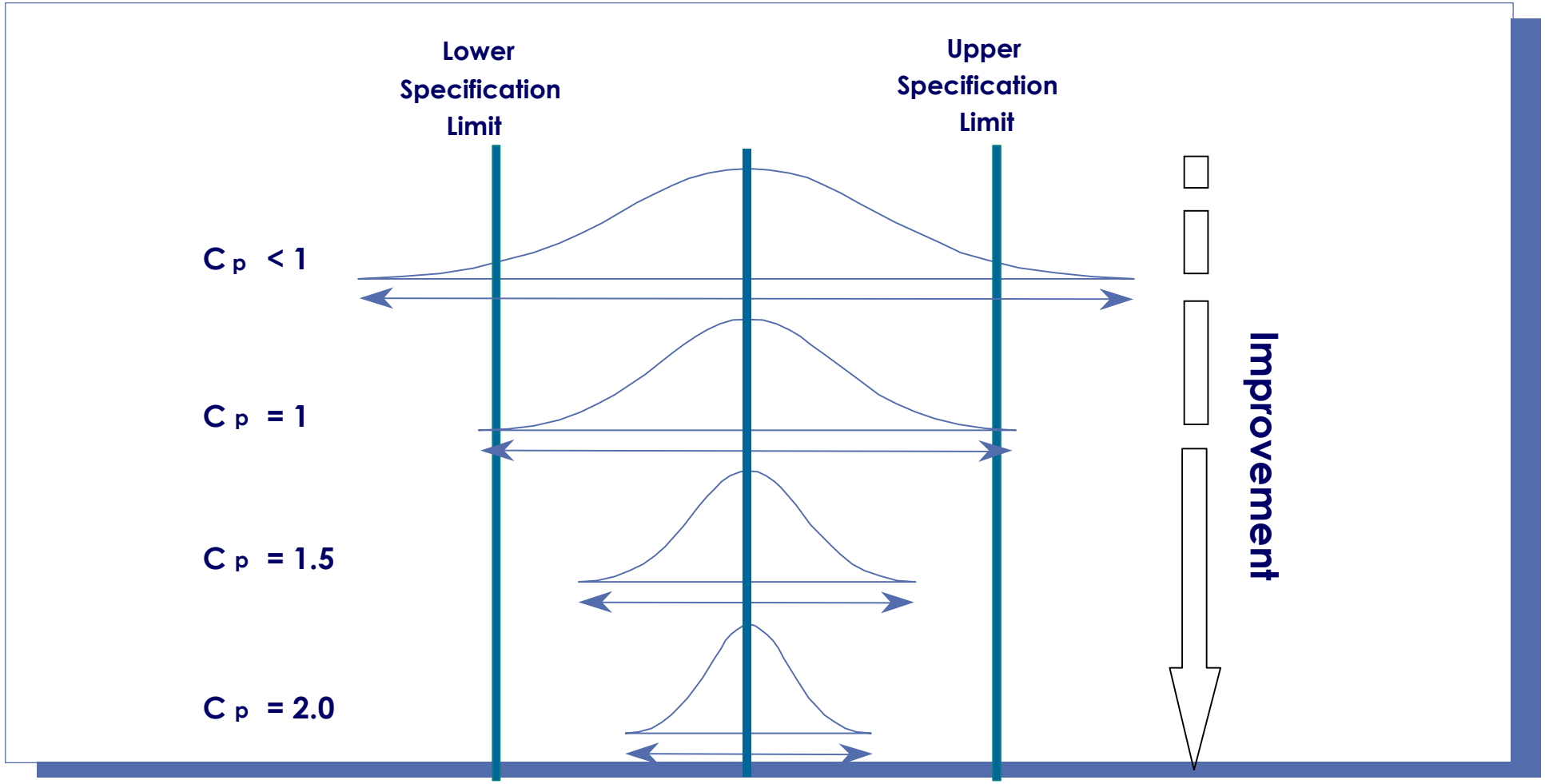
- Cp< 1 **menunjukkan variabilitas proses lebih besar** daripada batas spesifikasi

Latihan

Berapa Cp untuk proses A, B, C?



Interpretasi Process 'Potential' Capability - Cp



Index Process 'Real' Capability - Cpk

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Cpk = Index yang **menunjukkan kemampuan suatu proses** dalam **memenuhi spesifikasi limit (atas &/ atau bawah)** dimana dalam perhitungannya memperhatikan sebaran data dan centering proses

Cpk ini mengukur seberapa baik presisi dan akurasi dari suatu parameter proses

$$Cpk = \min\left\{\frac{\text{Spec. Atas} - \bar{X}}{3s}, \frac{\bar{X} - \text{Spec Bawah}}{3s}\right\}$$

Jika ada 2 batas Spec. :
Spec. Atas & Spec. Bawah

$$Cpk = \frac{\text{Spec. Atas} - \bar{X}}{3s}$$

→ **Jika ada 1 batas Spec. :**
Spec. Atas saja

$$Cpk = \frac{\bar{X} - \text{Spec. Bawah}}{3s}$$

→ **Jika ada 1 batas Spec. :**
Spec. Bawah saja

Interpretasi Process 'Real' Capability - Cpk

- Proses dikatakan **memenuhi spesifikasi yang ditetapkan**, jika:

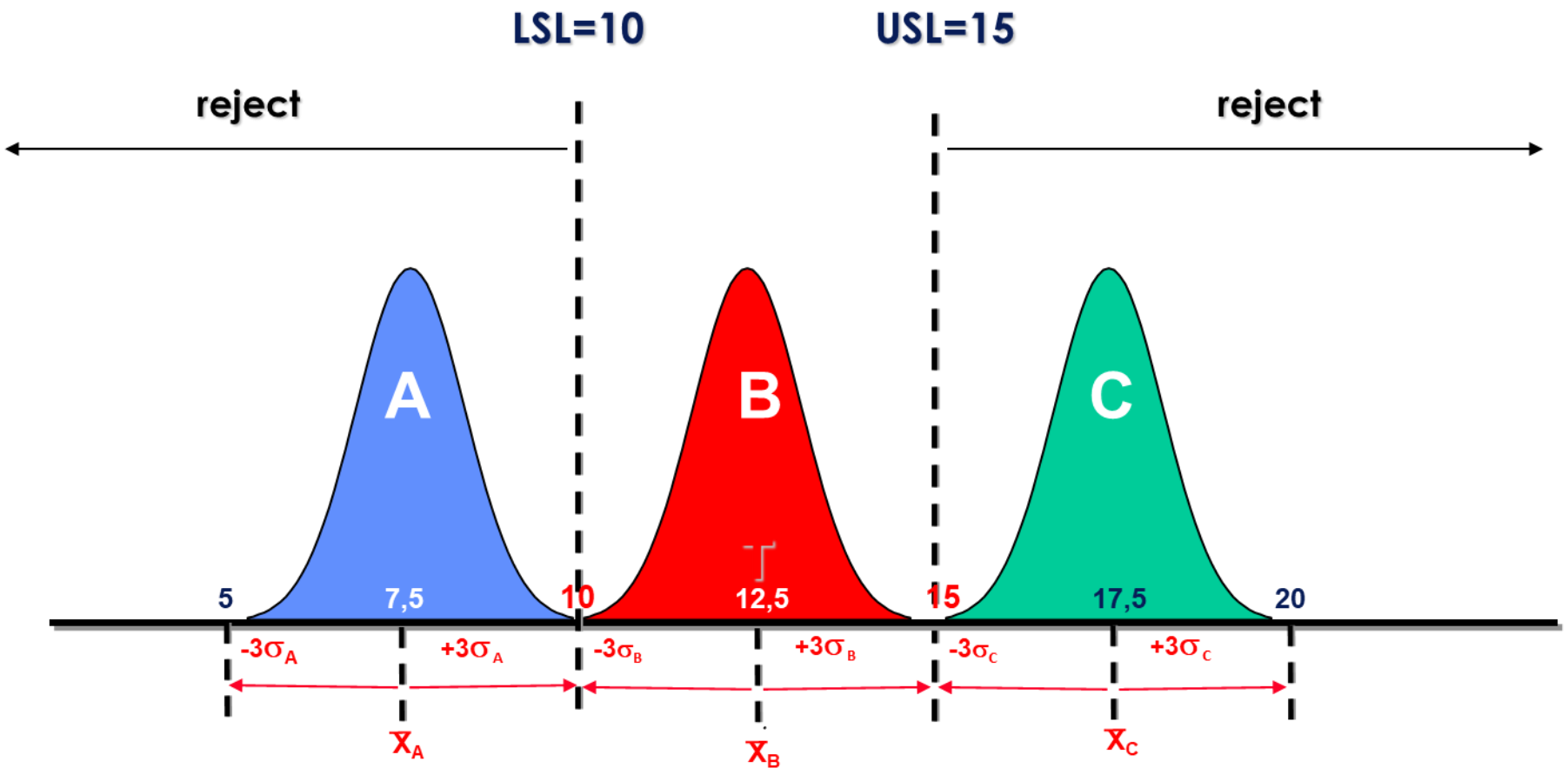
***Index Capability Process* - Cpk ≥ 1**

Catatan :

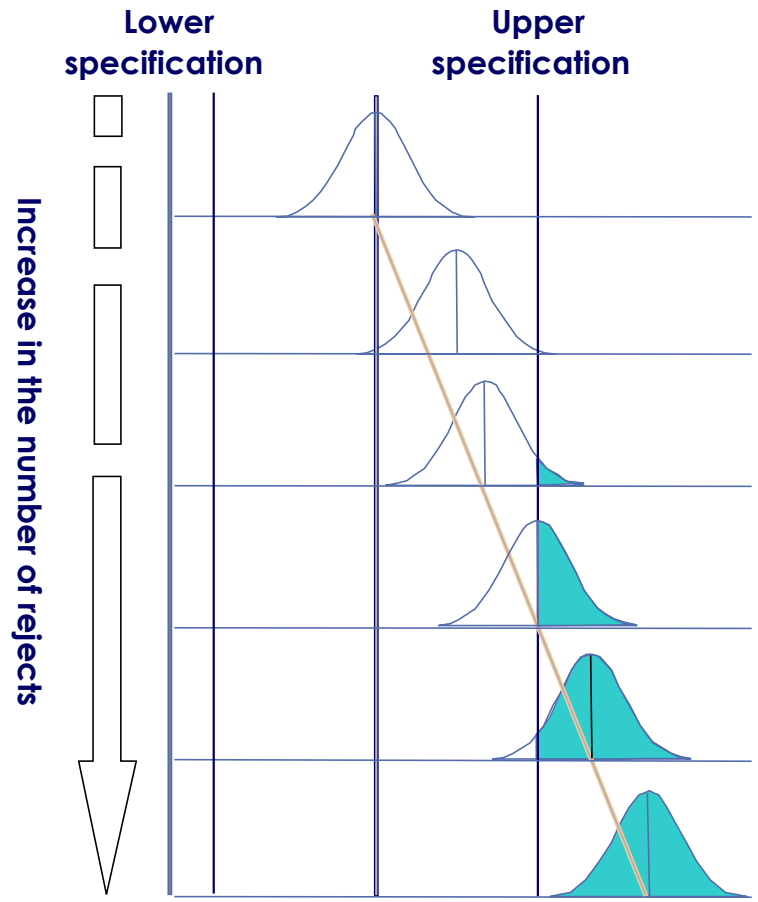
- **Nilai Cp ≥ Cpk**

Latihan

Berapa Cpk untuk proses A, B, C?



Cp & Cpk berbagai proses

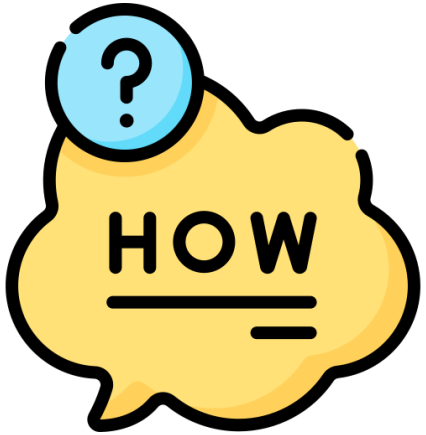


Potential capability	Real capability
$C_p = 2.0$	$C_{pk} = 2.0$
$C_p = 2.0$	$C_{pk} = 1$
$C_p = 2.0$	$C_{pk} < 1$
$C_p = 2.0$	$C_{pk} = 0$
$C_p = 2.0$	$C_{pk} < 0$
$C_p = 2.0$	$C_{pk} < -1$

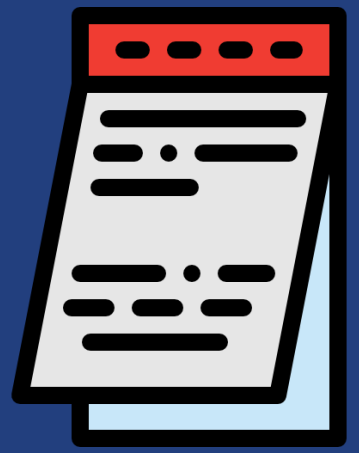
Interpretasi Process 'Real' Capability - Cpk

- **Cpk ≥ 1.3 :**
  - Jika terjadi peningkatan variasi di masa mendatang, kecil kemungkinannya menyimpang dari spesifikasi (proses menjadi lebih murah, lebih produktif)
- **1.1 ≤ Cpk < 1.3 :**
  - Kondisi ideal, variasi dalam batas yang diijinkan
- **1.0 ≤ Cpk < 1.1 :**
  - Perubahan sedikit dalam proses produksi mengakibatkan munculnya penyimpangan
- **0.9 ≤ Cpk < 1.0 :**
  - Produk cacat (penyimpangan produk) kadangkala muncul, proses harus diperiksa lebih ketat untuk mengeliminasi cacat/penyimpangan
- **Cpk < 0.9 :**
  - Produk cacat (penyimpangan produk) terjadi secara teratur, proses tak terkontrol. harus diperiksa bagaimana proses kerja, atau design spesifikasi perlu ditinjau ulang

Bagaimana Meningkatkan Process Capability?



- Inspeksi / sortir 100%☹
- Spesifikasi diperlebar (jika pelanggan mengijinkan, atau spesifikasi produk dirubah) ☹
- Gunakan teknologi yang lebih baik dan lebih presisi untuk mengurangi variabilitas 😐
- Melakukan analisa sebab mengapa variabilitas tinggi atau target proses tidak terpenuhi (man, machine, method, material, environment) ☺



LAMPIRAN

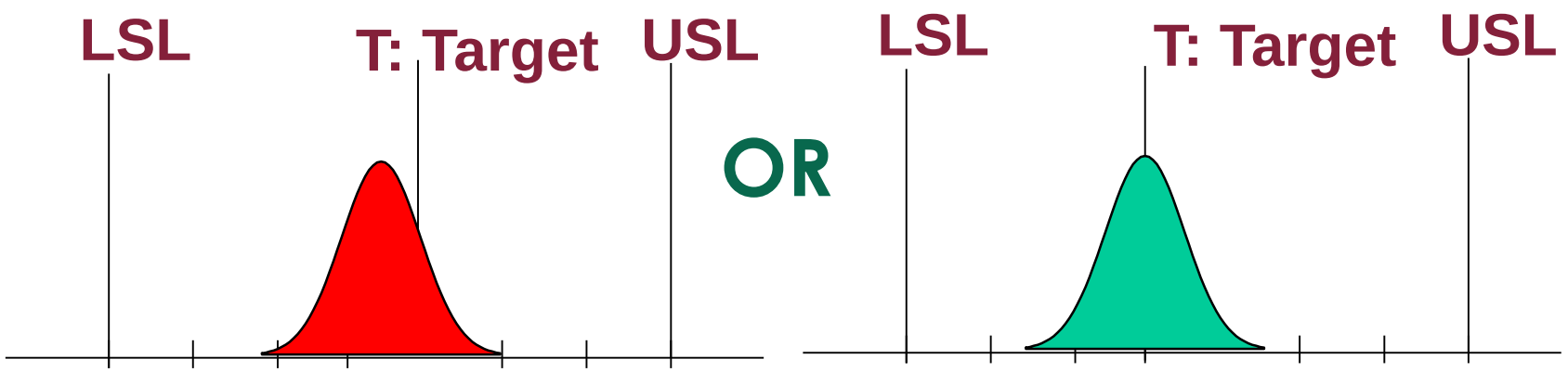
Proses Capability Analysis untuk target proses yang tidak merupakan titik tengah spesifikasi limit

Cpm (Taguchi Index):

Cpm (Taguchi Index): indeks yang **menggambarkan kemampuan proses memenuhi spesifikasi.** Dimana target prosesnya bukan merupakan titik tengah spesifikasi limit.

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

μ: rata-rata ;
T: target/nominal ;
s : standard deviasi populasi



Perhitungan CPM

Contoh

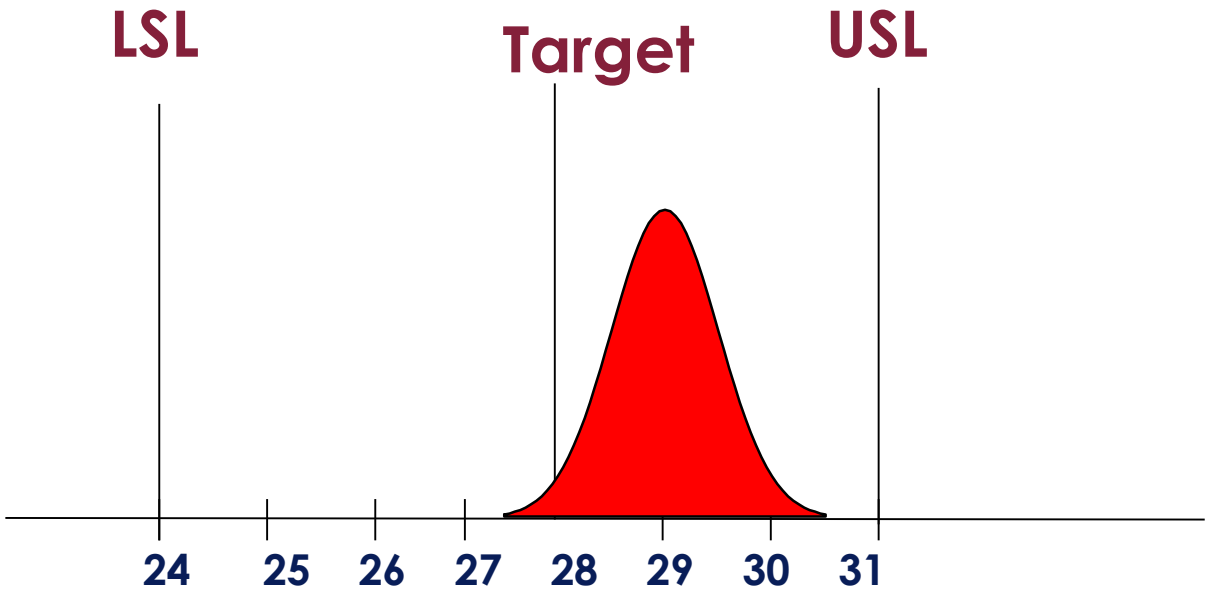
Diketahui :

Specification limit : 28 + 3/-4 . Rata-rata X = 29.0, dan standard deviasi s = 0.43. **Berapa nilai Cpm?**

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

$$Cpm = \frac{31 - 24}{6\sqrt{(29-28)^2 + 0.43^2}}$$

$$= 1.07$$



Attribute Control Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

- P Chart
- Np Chart
- U Chart
- C Chart

Attribute Control Chart
p Chart

Definisi

Adalah Attribute Control Chart dimana data yang dikumpulkan digolongkan diterima atau ditolak (mengecek **defective**), dan dalam setiap pengamatan **besarnya subgroup berbeda**

Kapan digunakan:

- ✓ Jika ingin mengetahui stabilitas suatu proses
- ✓ Jika datanya dalam setiap subgroup berupa jumlah produk defective / nonconforming
- ✓ Jika dalam setiap pengamatan besarnya subgroup berbeda
- ✓ Jika ingin mengamati karakteristik kualitas, dimana produk diklasifikasikan diterima atau ditolak

Attribute Control Chart
p Chart

Contoh Penerapan p Chart

Manufacture

- Output Bottle yield : Outlet Blow machine vs Inlet Blow machine
- Jumlah reject : pcs Rejection vs pcs Finish Goods
- Jumlah Lampu mati pada saat pengujian : pcs lampu mati saat diuji vs pcs total yg diuji
- Reject kropos casting process : pcs reject kropos vs pcs total production

Service

- Jumlah complain vs nasabah yang dilayani
- Jumlah salah bayar vs transaksi kiriman uang
- Jumlah pasien yang meninggal vs pasien yang ditangani
- Jumlah delivery terlambat vs PO
- Jumlah panggilan gagal vs jumlah panggilan

Attribute Control Chart
p Chart

RUMUS Garis Kendali

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{ni}} \qquad CL = \bar{p}$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{ni}}$$

$\bar{p}$ = proporsi defective per unit

$\bar{p} = \Sigma pn / \Sigma ni$

ni = besarnya subroup/ pengamatan ke - i

Attribute Control Chart

p Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

EXAMPLE

Peta : p chart

Parameter yang dikontrol: jumlah unit defective (NOK (rework/ NG / scrap / .....)

Jml unit yang diinspeksi pada setiap pemeriksaan : berbeda pada setiap pemeriksaan

Frekwensi Pengambilan Sampel: tiap.....

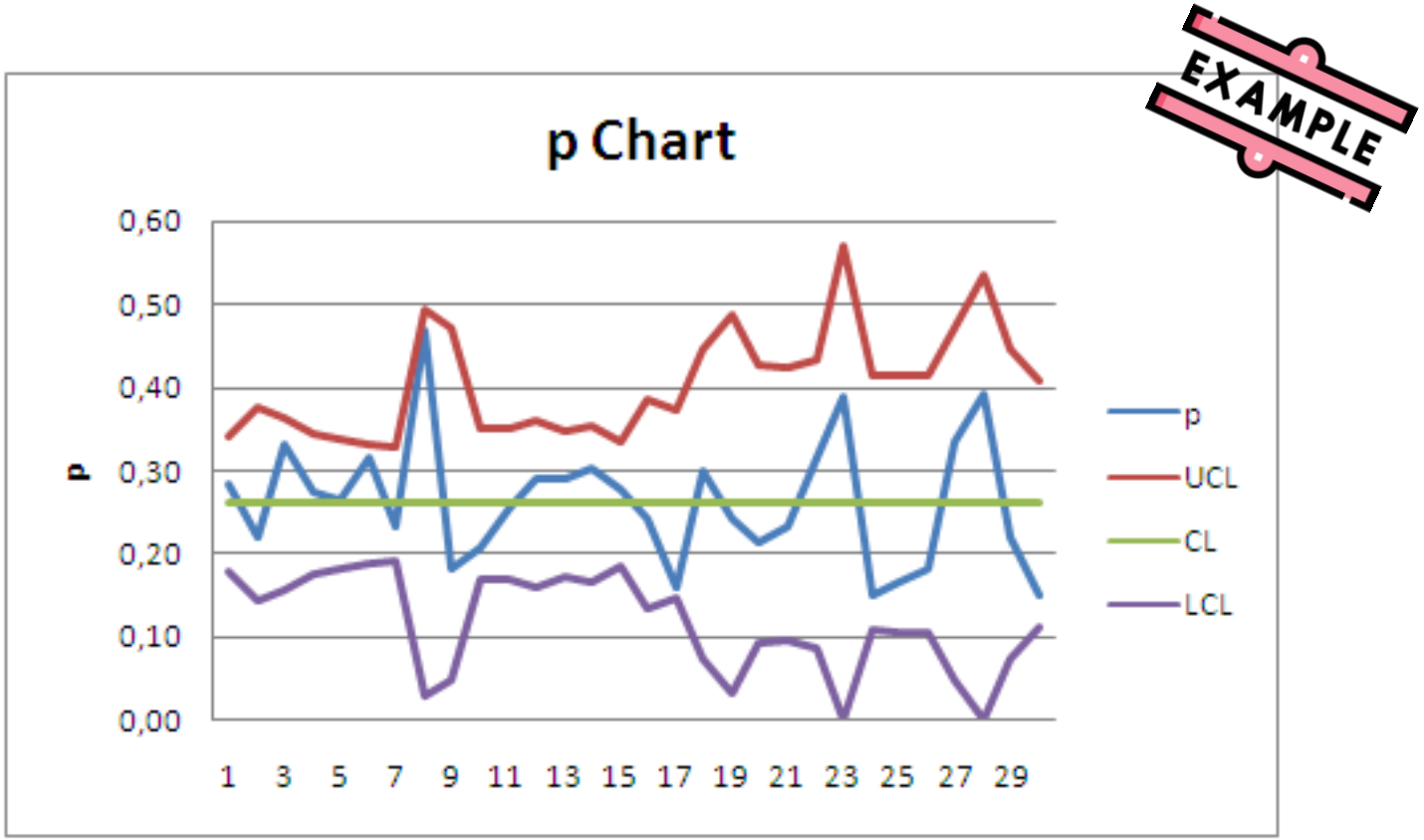
Waktu pengambilan sample			Jml unit yang diinspeksi (n_i berbeda)	Jml unit defectives (pn)	Proporsi defective per unit p=pn/n
Tanggal	Batch#	Jam			
		1	266	75	0,28
		2	127	28	0,22
		3	157	52	0,33
		4	244	67	0,27
		5	293	77	0,26
		6	341	107	0,31
		7	368	85	0,23
		8	32	15	0,47
		9	39	7	0,18
		10	203	42	0,21
		11	205	52	0,25
		12	176	51	0,29
		13	218	63	0,29
		14	195	59	0,30
		15	305	84	0,28
		16	108	26	0,24
		17	134	21	0,16
		18	50	15	0,30
		19	33	8	0,24
		20	61	13	0,21
		21	65	15	0,23
		22	57	18	0,32
		23	18	7	0,39
		24	74	11	0,15
		25	73	12	0,16
		26	72	13	0,18
		27	39	13	0,33
		28	23	9	0,39
		29	50	11	0,22
		30	80	12	0,15

p Chart			
p	UCL	CL	LCL
0,28	0,34	0,26	0,18
0,22	0,38	0,26	0,14
0,33	0,37	0,26	0,16
0,27	0,34	0,26	0,18
0,26	0,34	0,26	0,18
0,31	0,33	0,26	0,19
0,23	0,33	0,26	0,19
0,47	0,49	0,26	0,03
0,18	0,47	0,26	0,05
0,21	0,35	0,26	0,17
0,25	0,35	0,26	0,17
0,29	0,36	0,26	0,16
0,29	0,35	0,26	0,17
0,30	0,35	0,26	0,17
0,28	0,34	0,26	0,18
0,24	0,39	0,26	0,13
0,16	0,37	0,26	0,15
0,30	0,45	0,26	0,07
0,24	0,49	0,26	0,03
0,21	0,43	0,26	0,09
0,23	0,42	0,26	0,10
0,32	0,43	0,26	0,09
0,39	0,57	0,26	0,00
0,15	0,41	0,26	0,11
0,16	0,41	0,26	0,11
0,18	0,42	0,26	0,11
0,33	0,47	0,26	0,05
0,39	0,53	0,26	0,00
0,22	0,45	0,26	0,07
0,15	0,41	0,26	0,11

Jumlah subgroup (N)	30			
Jml total unit yang diinspeksi (Σ n)		4106		
Jml total defective (Σ pn)			1068	
Proporsi atau Rata2 defective per unit : p bar = (Σ pn) / (Σ n)				0,26

p Chart	
UCL	sesuai dengan nilai n (jml unit yang diinspeksi)
CL	0,26
LCL	sesuai dengan nilai n (jml unit yang diinspeksi)

Attribute Control Chart
p Chart



EXAMPLE

KESIMPULAN:

Dari p Control Chart, menunjukkan bahwa semua titik (p) sudah berada dalam batas UCL/LCL, dan data proses in control, maka untuk pengendalian proses di masa mendatang dapat menggunakan acuan :

CL = p bar = 0,26

Attribute Control Chart
np Chart

Definisi

Adalah Attribute Control Chart dimana data yang dikumpulkan digolongkan diterima atau ditolak (mengecek **defective**/nonconforming) dan dalam setiap pengamatan **besarnya subgroup sama**

Kapan digunakan:

- ✓ Jika ingin mengetahui stabilitas suatu proses
- ✓ Jika datanya dalam setiap subgroup berupa jumlah produk defective / nonconforming
- ✓ Jika dalam setiap pengamatan besarnya subgroup berbeda
- ✓ Jika ingin mengamati karakteristik kualitas, dimana produk diklasifikasikan diterima atau ditolak

Attribute Control Chart
np Chart

Contoh Penerapan np Chart

Manufacture

- Jumlah kerusakan bearing di mesin type X setiap minggunya
- Jumlah Reject produk (pcs) dari inspeksi dengan sample size sama
- Jumlah Box tercampur dalam tiap palet (ukuran palet sama)
- Jumlah produk salah size dalam setiap box (ukuran box sama)

Service

- Jumlah kredit macet per 1000 debitur
- Jumlah reject item dalam setiap karton box(isi 12 lusin), bolpen yang dibeli
- Jumlah bayi meninggal setiap 100 kelahiran
- Jumlah 'landing' pesawat yang kurang mulus dari setiap 1000 kali 'landing'

Attribute Control Chart
np Chart

RUMUS Garis Kendali

$$UCL = \overline{np} + 3\sqrt{\overline{np}(1-\overline{p})}$$

$$CL = \overline{np}$$

$$LCL = \overline{np} - 3\sqrt{\overline{np}(1-\overline{p})}$$

$\overline{np}$ = proporsi defective per subgroup

$\overline{np} = \Sigma np / N$ $\qquad$ $\overline{p} = \Sigma np / \Sigma n_i$

N = banyaknya pengamatan/ jumlah subgroup

Attribute Control Chart

np Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

EXAMPLE

Peta : np chart

Parameter yang dikontrol: jumlah unit defective (NOK (rework/ NG / scrap / .....)

Jml unit yang diinspeksi pada setiap pemeriksaan : sama pada setiap pemeriksaan

Frekwensi Pengambilan Sampel: tiap.....

Waktu pengambilan sample			Jml unit yang diinspeksi (n_i sama)	Jml unit defectives (np)
Tanggal	Batch#	Jam		
		1	200	10
		2	200	15
		3	200	14
		4	200	15
		5	200	12
		6	200	15
		7	200	12
		8	200	15
		9	200	11
		10	200	13
		11	200	13
		12	200	14
		13	200	11
		14	200	12
		15	200	15
		16	200	14
		17	200	11
		18	200	15
		19	200	15
		20	200	13
		21	200	12
		22	200	12
		23	200	12
		24	200	13
		25	200	13
		26	200	10
		27	200	13
		28	200	11
		29	200	12
		30	200	12

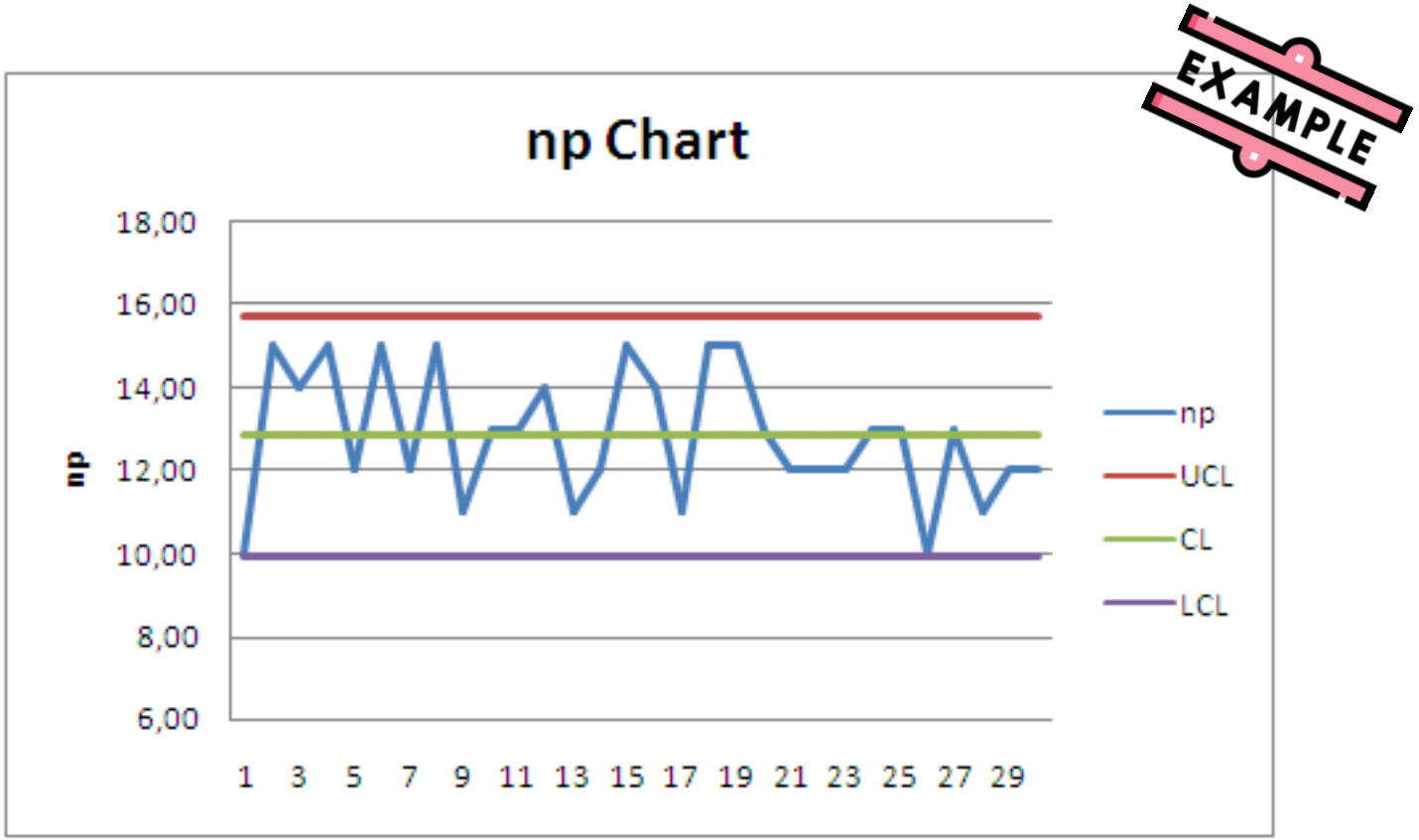
Jumlah subgroup (N)	30			
Jml total unit yang diinspeksi (Σ n)		6000		
Jml total defective (Σ np)			385	
Proporsi atau Rata2 defective per subgroup: np bar = (Σ np) / N				12,83
Proporsi atau Rata2 defective per unit: p bar = (Σ np) / (Σ n)				0,06

np Chart			
np	UCL	CL	LCL
10,00	15,74	12,83	9,93
15,00	15,74	12,83	9,93
14,00	15,74	12,83	9,93
15,00	15,74	12,83	9,93
12,00	15,74	12,83	9,93
15,00	15,74	12,83	9,93
12,00	15,74	12,83	9,93
15,00	15,74	12,83	9,93
11,00	15,74	12,83	9,93
13,00	15,74	12,83	9,93
13,00	15,74	12,83	9,93
14,00	15,74	12,83	9,93
11,00	15,74	12,83	9,93
12,00	15,74	12,83	9,93
15,00	15,74	12,83	9,93
14,00	15,74	12,83	9,93
11,00	15,74	12,83	9,93
15,00	15,74	12,83	9,93
15,00	15,74	12,83	9,93
13,00	15,74	12,83	9,93
12,00	15,74	12,83	9,93
12,00	15,74	12,83	9,93
12,00	15,74	12,83	9,93
13,00	15,74	12,83	9,93
13,00	15,74	12,83	9,93
10,00	15,74	12,83	9,93
13,00	15,74	12,83	9,93
11,00	15,74	12,83	9,93
12,00	15,74	12,83	9,93
12,00	15,74	12,83	9,93

p Chart	
UCL	15,74
CL	12,83
LCL	9,93

Jika LCL < 0 --> dinolkan

Attribute Control Chart
np Chart



KESIMPULAN:

Dari np Chart , menunjukkan bahwa semua titik (np) sudah berada dalam batas UCL/LCL, dan data proses in control , maka untuk pengendalian proses di masa mendatang dapat menggunakan acuan :

UCL = 15,74; CL = 12,83; LCL = 9,93

Attribute Control Chart
u Chart

Definisi

Adalah Attribute Control Chart dimana data yang dikumpulkan adalah **defect-defect** / nonconformity dalam subroup dimana dalam setiap pengamatan besarnya **subgroup berbeda**

Kapan digunakan:

- ✓ Jika ingin mengetahui stabilitas suatu proses
- ✓ Jika datanya adalah berupa banyaknya defect / nonconformity setiap subgroup
- ✓ Jika dalam setiap pengamatan besarnya subgroup berbeda
- ✓ Jika ingin mengamati karakteristik kualitas, berapa banyaknya defect per unit pengamatan

Attribute Control Chart
u Chart

Contoh Penerapan u Chart

Manufacture	*Service*
▪ Rata-rata defect per unit produk tiap periode (shift / harian/ mingguan) ▪ Rata-rata defect per unit dalam setiap pembelian barang ▪ ….	▪ Rata-rata kesalahan dalam pembuatan SPK per bln ▪ Rata-rata kesalahan penulisan form setiap transaksi (harian) ▪ Rata-rata Jumlah tindakan indisipliner per karyawan per bln ▪ ……

Attribute Control Chart
u Chart

RUMUS Garis Kendali

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \qquad CL = \bar{u}$$

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

$\bar{u}$ = proporsi defect per unit

$\bar{u} = \Sigma c / \Sigma n_i$ c = jumlah defect per subgroup

n_i = besarnya subroup/ pengamatan ke- i

Attribute Control Chart
u Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

EXAMPLE

Peta : u chart

Parameter yang dikontrol: jumlah **keiadian defect**
Jml unit yang diinspeksi pada setiap pemeriksaan : **berbeda** pada setiap pemeriksaan
Frekwensi Pengambilan Sampel: tiap.....

Waktu pengambilan sample			Jml unit yang diinspeksi	defect A	defect B	defect C	defect D	defect..	Total Defect	Defect per unit
Tanggal	Batch#	Jam	(n_i berbeda)	c1	c2	c3	c4		c=c1+c2+c3+..	u = c/n
		1	20	2	0	0	2		4	0,20
		2	40	2	1	1	2		6	0,15
		3	30	1	1	0	0		2	0,07
		4	15	3	1	0	1		5	0,33
		5	25	0	3	1	1		5	0,20
		6	20	2	0	2	2		6	0,30
		7	50	3	0	1	5		9	0,18
		8	30	1	0	0	3		4	0,13
		9	32	0	0	0	6		6	0,19
		10	35	0	0	3	4		7	0,20
		11	40	0	0	3	4		7	0,18
		12	45	1	3	0	2		6	0,13
		13	25	0	3	4	0		7	0,28
		14	33	0	0	1	3		4	0,12
		15	40	0	1	0	0		1	0,03
		16	42	0	1	1	4		6	0,14
		17	35	1	0	2	0		3	0,09
		18	19	3	1	0	1		5	0,26
		19	35	2	2	3	1		8	0,23
		20	23	1	0	0	1		2	0,09
		21	31	2	1	1	0		4	0,13
		22	44	2	2	1	2		7	0,16
		23	31	1	0	1	1		3	0,10
		24	46	0	1	2	0		3	0,07
		25	28	1	1	0	1		3	0,11
		26	35	0	2	0	2		4	0,11
		27	30	1	2	0	1		4	0,13
		28	25	2	2	0	3		7	0,28
		29	29	1	2	3	2		8	0,28
		30	38	1	0	0	3		4	0,11

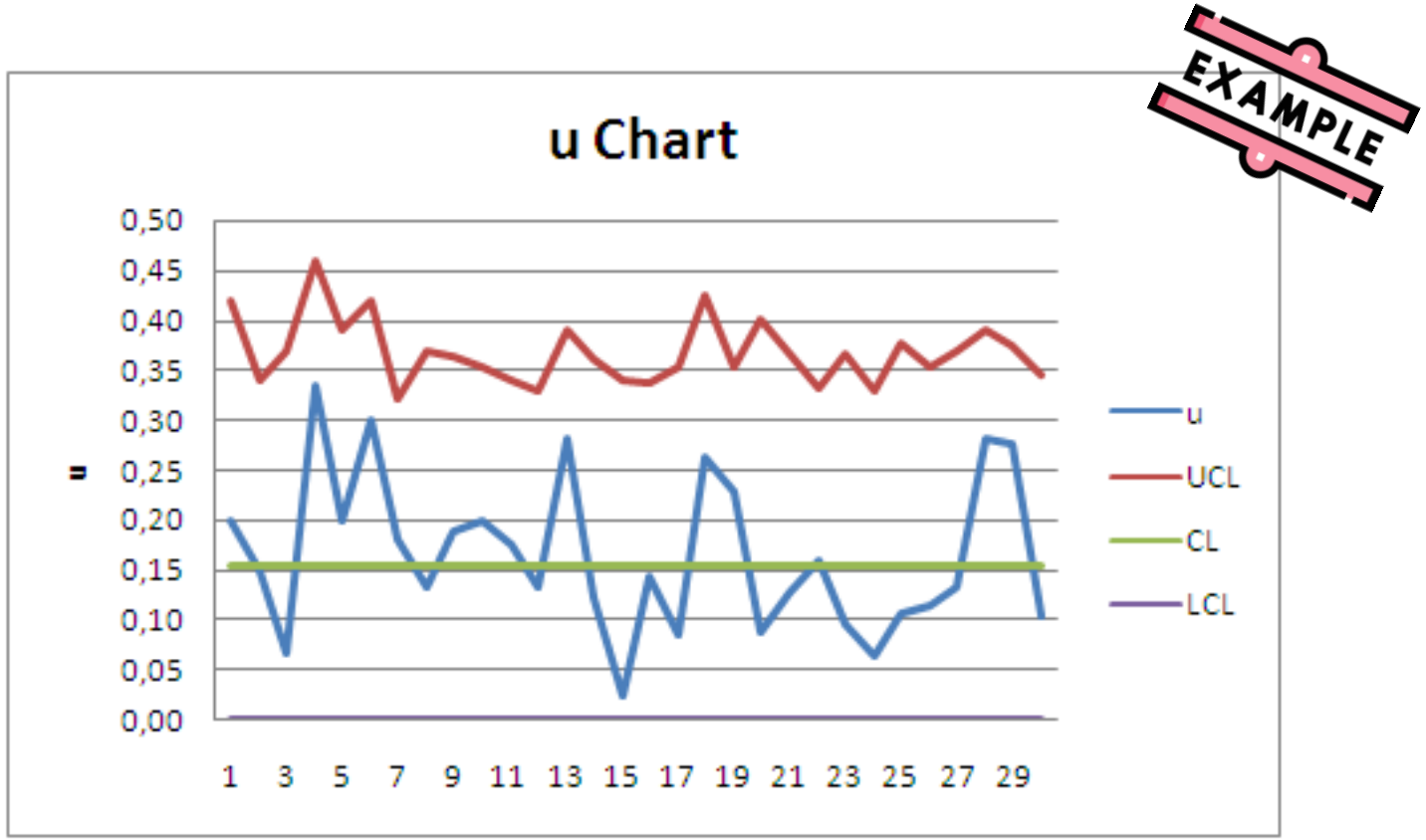
Jumlah subgroup **(N)**	30							
Jml total unit yang diinspeksi **(Σ n)**		971						
Jml total defect **(Σ c)**			33	30	30	57	0	150
Proporsi atau **Rata2 defect per unit : u bar = (Σ c) / (Σ n)**								0,15

u Chart			
u	UCL	CL	LCL
0,20	0,42	0,15	0,00
0,15	0,34	0,15	0,00
0,07	0,37	0,15	0,00
0,33	0,46	0,15	0,00
0,20	0,39	0,15	0,00
0,30	0,42	0,15	0,00
0,18	0,32	0,15	0,00
0,13	0,37	0,15	0,00
0,19	0,36	0,15	0,00
0,20	0,35	0,15	0,00
0,18	0,34	0,15	0,00
0,13	0,33	0,15	0,00
0,28	0,39	0,15	0,00
0,12	0,36	0,15	0,00
0,03	0,34	0,15	0,00
0,14	0,34	0,15	0,00
0,09	0,35	0,15	0,00
0,26	0,42	0,15	0,00
0,23	0,35	0,15	0,00
0,09	0,40	0,15	0,00
0,13	0,37	0,15	0,00
0,16	0,33	0,15	0,00
0,10	0,37	0,15	0,00
0,07	0,33	0,15	0,00
0,11	0,38	0,15	0,00
0,11	0,35	0,15	0,00
0,13	0,37	0,15	0,00
0,28	0,39	0,15	0,00
0,28	0,37	0,15	0,00
0,11	0,35	0,15	0,00

u Chart	
UCL	sesuai dengan nilai n (jml unit yang diinspeksi)
CL	0,15
LCL	sesuai dengan nilai n (jml unit yang diinspeksi)

Jika LCL < 0 --> dinolkan

Attribute Control Chart
u Chart



EXAMPLE

KESIMPULAN:

Dari u Chart , menunjukkan bahwa semua titik (u) sudah berada dalam batas UCL/LCL, dan data proses in control , maka untuk pengendalian proses di masa mendatang dapat menggunakan acuan : CL = u bar = 0,15

Attribute Control Chart
c Chart

Definisi

Adalah Attribute Control Chart dimana data yang dikumpulkan adalah **defect-defect** / nonconformity dalam subroup dimana dalam setiap pengamatan besarnya **subgroup sama**

Kapan digunakan:

- ✓ Jika ingin mengetahui stabilitas suatu proses
- ✓ Jika datanya adalah berupa banyaknya defect / nonconformity setiap subgroup
- ✓ Jika dalam setiap pengamatan besarnya subgroup sama
- ✓ Jika ingin mengamati karakteristik kualitas, berapa banyaknya defect pada setiap unit produk

Attribute Control Chart
c Chart

Contoh Penerapan c Chart

Manufacture	*Service*
▪ Rata-rata defect per unit dalam setiap inspeksi dengan sample size sama ▪ Rata-rata defect per unit dalam setiap pembelian barang dengan Jumlah sama ▪ Rata-rata kerusakan tiap nozzle dalam sebulan ….	▪ Rata-rata kerusakan komponen AC di kantor setiap triwulan ▪ Rata-rata Jumlah kesalahan dalam tiap iklan rekrutmen ▪ ……

Attribute Control Chart
c Chart

RUMUS Garis Kendali

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$CL = \bar{c}$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

$\bar{c}$ = proporsi defect per subgroup

$c = \Sigma c / N$ $\quad$ c = jumlah defect per subgroup

N = banyaknya pengamatan atau jumlah subgroup

Attribute Control Chart

c Chart

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

EXAMPLE

Peta : c chart

Parameter yang dikontrol: jumlah kejadian defect

Jml unit yang diinspeksi pada setiap pemeriksaan : sama, pada setiap pemeriksaan,yaitu :.....

Frekwensi Pengambilan Sampel: tiap.....

Waktu pengambilan sample			Jml unit yang diinspeksi	defect A	defect B	defect C	defect D	defect..	Total Defect
Tanggal	Batch#	Jam	(n sama)	c1	c2	c3	c4	.....	c=c1+c2+c3+..
		1	10	3	3	2	3		11
		2	10	1	2	0	0		3
		3	10	0	0	0	0		0
		4	10	5	1	2	0		8
		5	10	0	3	1	1		5
		6	10	2	0	2	5		9
		7	10	3	0	1	5		9
		8	10	1	0	0	3		4
		9	10	0	0	0	6		6
		10	10	0	0	3	4		7
		11	10	0	0	3	4		7
		12	10	2	2	0	2		6
		13	10	0	3	4	0		7
		14	10	0	0	1	3		4
		15	10	0	1	0	0		1
		16	10	0	1	1	4		6
		17	10	1	0	2	0		3
		18	10	3	1	0	1		5
		19	10	2	2	3	5		12
		20	10	1	0	0	1		2
		21	10	2	1	1	0		4
		22	10	2	2	1	0		5
		23	10	1	0	1	0		2
		24	10	0	0	2	0		2
		25	10	0	0	0	1		1
		26	10	0	2	0	2		4
		27	10	0	2	0	1		3
		28	10	3	2	0	3		8
		29	10	1	2	4	2		9
		30	10	1	0	0	0		1

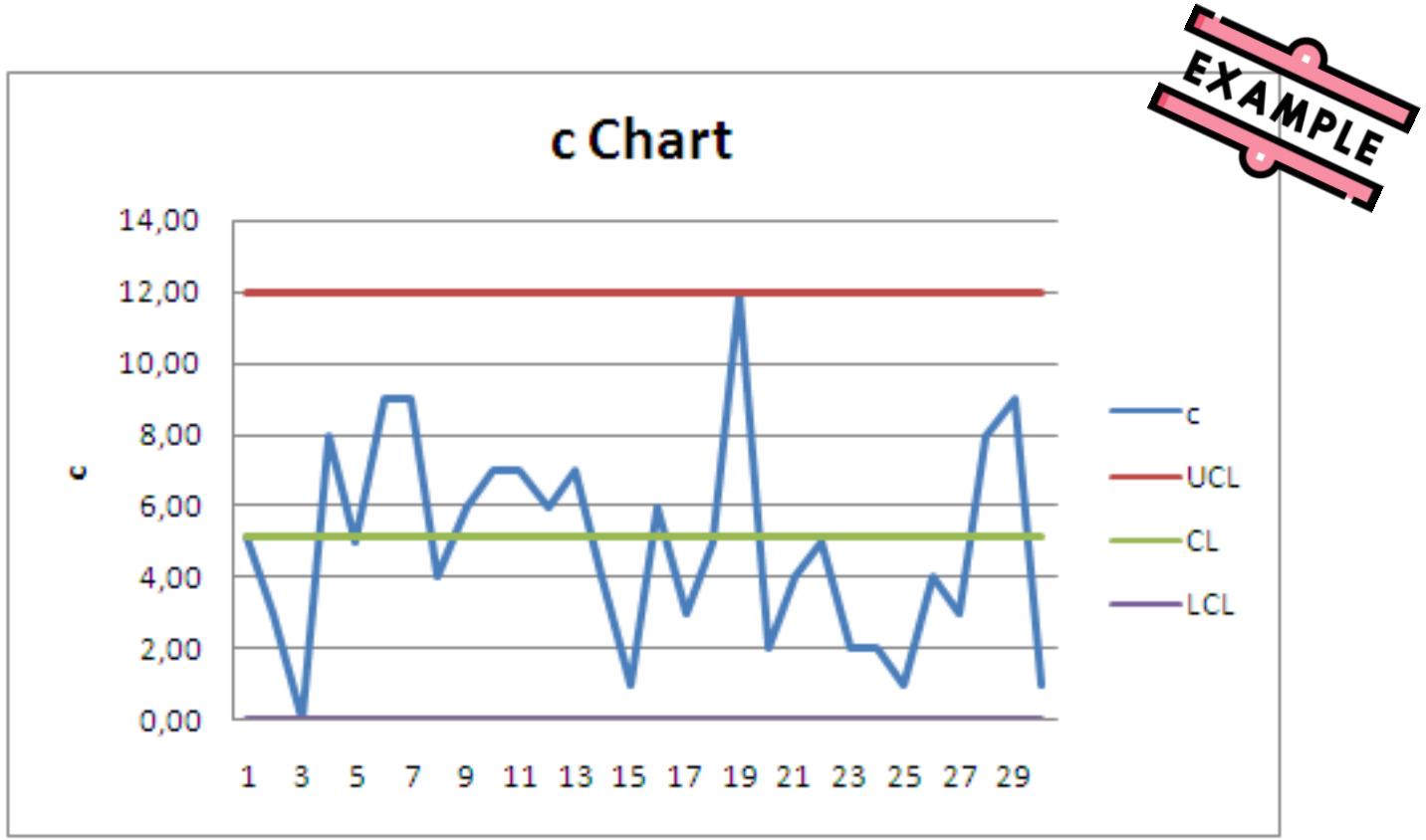
Jumlah subgroup (N)	30							
Jml total defect (Σ c)		34	30	34	56	0	154	
Proporsi atau Rata2 defect per subgroup : c bar = (Σ c) / N								5,13

c Chart			
c	UCL	CL	LCL
5,13	11,93	5,13	0,00
3,00	11,93	5,13	0,00
0,00	11,93	5,13	0,00
8,00	11,93	5,13	0,00
5,00	11,93	5,13	0,00
9,00	11,93	5,13	0,00
9,00	11,93	5,13	0,00
4,00	11,93	5,13	0,00
6,00	11,93	5,13	0,00
7,00	11,93	5,13	0,00
7,00	11,93	5,13	0,00
6,00	11,93	5,13	0,00
7,00	11,93	5,13	0,00
4,00	11,93	5,13	0,00
1,00	11,93	5,13	0,00
6,00	11,93	5,13	0,00
3,00	11,93	5,13	0,00
5,00	11,93	5,13	0,00
12,00	11,93	5,13	0,00
2,00	11,93	5,13	0,00
4,00	11,93	5,13	0,00
5,00	11,93	5,13	0,00
2,00	11,93	5,13	0,00
2,00	11,93	5,13	0,00
1,00	11,93	5,13	0,00
4,00	11,93	5,13	0,00
3,00	11,93	5,13	0,00
8,00	11,93	5,13	0,00
9,00	11,93	5,13	0,00
1,00	11,93	5,13	0,00

p Chart	
UCL	11,93
CL	5,13
LCL	-1,66

Jika LCL < 0 --> dinolkan

Attribute Control Chart
c Chart



EXAMPLE

KESIMPULAN:

Dari c Chart , menunjukkan bahwa semua titik (c) sudah berada dalam batas UCL/LCL, dan data proses in control, maka untuk pengendalian proses di masa mendatang dapat menggunakan acuan :

UCL = 11,93; CL = 5,13; LCL = 0

PENERAPAN PROBLEM SOLVING DALAM IN PROCESS CONTROL

SPC PLAN

PRODUK	TAHAP PROSES	Parameter yang dikontrol	Standard	Jumlah yang diobservasi atau Sample Size (n)	Frekuensi pengumpulan data	Teknik Pengontrolan

8. KEGIATAN IMPLEMENTASI PENGONTROLAN PROSES

X - Moving Range Chart

Parameter : ……..

DATE																				
TIME																				
X																				
Moving Range, MR																				
CODE																				

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X CHART	UCL =																				
	CL =																				
	LCL=																				
mR CHART	UCL=																				
	CL =																				
	LCL=																				

8. KEGIATAN IMPLEMENTASI PENGONTROLAN PROSES

X bar - R Chart

Parameter : ……..

DATE																									
X1																									
X2																									
X3																									
X4																									
X5																									
RATA-RATA																									
RANGE																									

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
X bar	UCL =																									
C																										
H	CL =																									
A																										
R																										
T	LCL=																									
R	UCL=																									
C																										
H	CL =																									
A																										
R																										
T	LCL=																									

PROBLEM SOLVING

PRODUCTIVITY & QUALITY MANAGEMENT CONSULTANTS

Tgl & Jam	Masalah/ Abnormality	Sebab (Akar masalah)	Corrective Action	Preventive Action	PIC	Start	Finish	Status : per tgl… (Open/Closed).	

PRODUCTIVITY &
QUALITY MANAGEMENT
CONSULTANTS

PQM Consultants Building
Jl. Cempaka Putih Tengah 17C No.7A Cempaka Putih,
Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10510 Indonesia

021 425 1887 | 0812 1057 6646
pqmcons@pqm.co.id

PQM Consultants

Thank You