

## **Pengendalian Proses Statistik (*Statistical Process Control*)**

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

Untuk menjamin proses produksi dalam kondisi baik dan stabil atau produk yang dihasilkan selalu dalam daerah standar, perlu dilakukan pemeriksaan terhadap titik origin dan hal–hal yang berhubungan, dalam rangka menjaga dan memperbaiki kualitas produk sesuai dengan harapan. Hal ini disebut *Statistical Process Control (SPC)*.

Untuk menganalisis dan memperbaiki proses, kita tentunya harus memahami dan juga mengerti bagaimana kinerja proses tersebut. Dalam dunia pengendalian kualitas (*quality control*) terdapat suatu metode statistik untuk membantu kita dalam melihat apakah suatu proses di bawah kendali, atau sebaliknya. Metode tersebut adalah *statistical process control (SPC)*, dan menjadi bagian dari tujuh alat kualitas dasar (*7 basic quality tools*) yang harus dikuasai oleh para anggota gugus kendali kualitas (*quality control circle*)

SPC dicetuskan pertama kali oleh [Walter Andrew Shewhart](#) ketika bekerja di [Bell Telephone Laboratories, Inc.](#) (divisi R&D untuk perusahaan [AT&T](#) dan [Western Electric](#)) pada tahun 1920-an. Dalam dokumen sejarah Western Electric diceritakan pada tahun 1918, tahun di mana Shewhart bergabung di Departemen Inspection Engineering, Western Electric di Hawthorne, manajemen kualitas industri masih terbatas pada kegiatan inspeksi produk jadi dan memperbaiki/membuang barang-barang cacat. Semuanya berubah pada bulan Mei 1924, atasan Shewhart, George Edwards, menceritakan:

“Dr. Shewhart telah menyiapkan sebuah memo kecil yang panjangnya hanya sekitar satu halaman. Sepertiga halaman berisi sebuah skema sederhana yang sekarang dikenal sebagai *peta kendali*. Dalam skema tersebut, dan teks singkat yang mendahului dan mengikutinya, tercantum semua prinsip-prinsip dan pertimbangan-pertimbangan penting tentang apa yang kita kenal sekarang sebagai proses *pengendalian kualitas*.” (Porticus, n.d., Western Electric and the Quality Movement section, para. 3).

Pada tahun yang sama, Shewhart menciptakan peta kendali statistik pertama untuk proses manufaktur melalui prosedur-prosedur sampling statistik. Kemudian Shewhart mempublikasikan penemuannya dalam buku *Economic Control of Quality of Manufactured Product* pada tahun 1931.

[ASQ](#) (American Society for Quality) mencatat peningkatan penggunaan peta kendali mulai terjadi selama Perang Dunia II di Amerika Serikat untuk menjamin kualitas amunisi dan produk strategis penting lainnya. Penggunaan SPC agak berkurang setelah perang, namun menjadi *booming* sampai sekarang setelah revolusi perbaikan kualitas di Jepang pada tahun 1970-an, tahun di mana orang-orang Jepang menyambut baik masukan dari W. Edwards Deming yang salah satunya adalah penggunaan SPC.

SPC menentukan apakah suatu proses stabil dari waktu ke waktu, atau sebaliknya bahwa proses terganggu karena telah dipengaruhi oleh *special cause*. Peta kendali statistik (*control chart*) yang sering juga disebut *Shewhart chart* atau *process-behaviour chart* digunakan untuk memberikan definisi operasional suatu *special cause* tersebut.

Dalam suatu proses/sistem umumnya terdapat interaksi variabel-variabel sistem, misal manusia dan mesin, interaksi ini sering memunculkan penyimpangan berupa hasil-hasil yang sifatnya *uncontrollable* atau diluar kendali. Shewhart melihat penyimpangan tersebut disebabkan oleh dua faktor:

1. *common cause of variation*, variasi yang terjadi karena sistem itu sendiri, dan
2. *special cause of variation*, variasi yang terjadi karena faktor dari luar sistem.

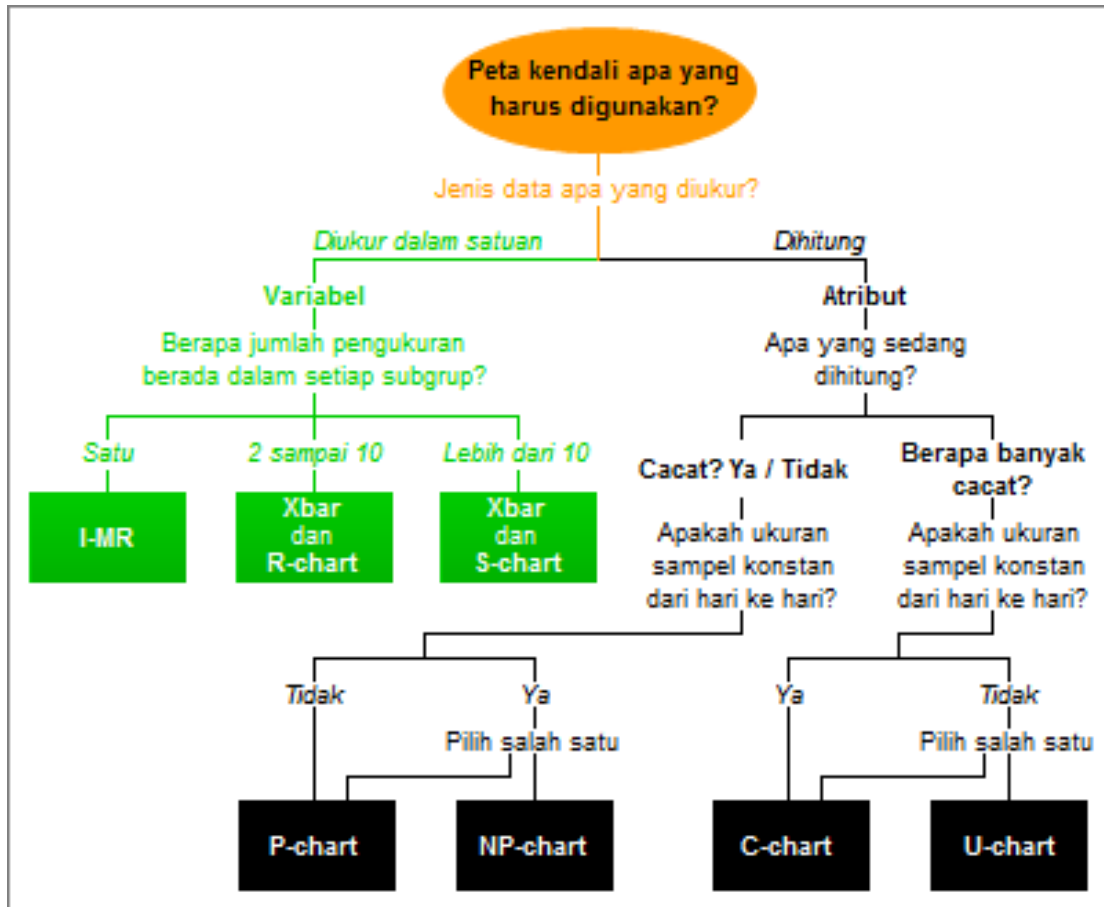
Aturan dasar SPC adalah *common cause* tidak perlu diidentifikasi dan *special cause* perlu diidentifikasi dan dihilangkan. Namun bukan berarti *common cause* diabaikan, sebaliknya menjadi fokus *improvement* proses untuk jangka panjang.

Secara umum, peta kendali dalam SPC selalu terdiri dari tiga garis horisontal, yaitu:

- Garis pusat (*center line*), garis yang menunjukkan nilai tengah (*mean*) atau nilai rata-rata dari karakteristik kualitas yang di-*plot* pada peta kendali SPC.
- *Upper control limit* (UCL), garis di atas garis pusat yang menunjukkan batas kendali atas.
- *Lower control limit* (LCL), garis di bawah garis pusat yang menunjukkan batas kendali bawah.

Garis-garis tersebut ditentukan dari data historis. Shewhart menggunakan kurva distribusi normal (distribusi Gauss) dengan  $\mu$  sebagai garis pusat yang menunjukkan nilai rata-rata sebaran karakteristik proses, dan  $\pm\sigma$  yang dirubah menjadi UCL dan LCL sebagai landasannya.

Teknik-teknik SPC kemudian berkembang seiring inisiatif perbaikan kualitas seperti Six Sigma di perusahaan-perusahaan Amerika. Selanjutnya, kita akan melihat secara teknis tentang bagaimana kita dapat menggunakan berbagai teknik peta kendali dan kapan teknik itu harus digunakan. Gambar 1 memperlihatkan alur pengambilan keputusan untuk memilih teknik SPC yang kita butuhkan.



Sumber: Straker, n.d., fig. 1 (dimodifikasi)

Gambar 1. Bagan Alur Pengambilan Keputusan untuk Memilih Teknik SPC

Gambar 1 menunjukkan teknik-teknik SPC dipilih dengan memperhatikan dua jenis karakteristik data yang diobservasi disamping tujuannya, yaitu: *data variabel* dan *data atribut*.

## Data Variabel

Data variabel bersifat kontinyu (*continuous distribution*). Data ini diukur dalam satuan-satuan kuantitatif, sebagai contoh:

- *cycle time* yang dibutuhkan untuk melakukan satu proses,
- diameter poros,
- tinggi badan 100 orang operator, dan lain-lain.

Sifat *continuous distribution* pada data variabel menggambarkan data berbentuk selang bilangan yang bisa terjadi dalam digit dibelakang koma hingga  $n$  digit, tidak dapat dihitung, dan tidak terhingga. Bentuk distribusi yang rapat seperti ini lebih sensitif terhadap perubahan, namun akan lebih sulit baik dalam mengidentifikasi apa yang harus diukur dan juga dalam pengukuran aktual.

Ketika kita mempunyai data variabel, ada tiga jenis peta kendali yang dapat kita gunakan, yaitu:

1. [Individuals & moving range control chart \(I-MR\).](#)
2. [Average & range control chart \(Xbar & R-chart\).](#)
3. [Average & standard deviation control chart \(Xbar & S-chart\).](#)

Pengambilan keputusan untuk memilih ketiga peta kendali di atas adalah berdasarkan jumlah pengukuran yang kita buat dan berapa banyak pengukuran tersebut digabungkan ke dalam satu subgrup.

### **Data Atribut**

Data atribut bersifat diskrit (*discrete distribution*). Data ini umumnya diukur dengan cara dihitung menggunakan daftar pencacahan atau *tally* untuk keperluan pencatatan dan analisis, sebagai contoh:

- jumlah cacat dalam satu *batch* produk,
- jenis kelamin (laki-laki/perempuan),
- jenis warna cat (merah, *gold*, *silver*, hitam), dan lain-lain

Sifat *discrete distribution* memberi gambaran data atribut berbentuk bilangan cacah yang nilai data harus integer atau tidak pecahan, dapat dihitung, dan terhingga. Pengukuran data atribut akan jauh lebih sederhana dibandingkan dengan pengukuran data variabel karena data diklasifikasikan sebagai cacat atau tidak cacat berdasarkan perbandingan dengan standar yang telah ditetapkan. Pengklasifikasian ini tentunya menjadikan kegiatan inspeksi lebih ekonomis dan sederhana. Sebagai contoh diameter poros dapat diperiksa dengan menentukan apakah akan bisa melewati alat pengukur berupa *jig* atau *template* berlubang. Pengukuran ini tentunya lebih cepat dan sederhana ketimbang mengukur diameter langsung dengan *vernier caliper* atau mikrometer.

Ketika jenis data yang diukur adalah data atribut, terdapat empat jenis peta kendali yang dapat kita gunakan, yaitu:

1. [Proportion defective control chart \(P-chart\).](#)
2. [Number defective control chart \(NP-chart\).](#)

3. [Defects per count/subgroup control chart \(C-chart\)](#).
4. [Defects per unit control chart \(U-chart\)](#).

Pemilihan peta kendali ini tergantung apakah kita mau menghitung jumlah cacat per item atau hanya menghitung cacat total. Jika kita hanya akan membedakan antara cacat atau tidak cacat, maka kita menggunakan P-chart atau NP-chart. Namun jika kita menghendaki analisis yang lebih mendalam, misal berapa banyak cacat pada semua item, maka kita menggunakan C-chart atau U-chart. Pemilihan peta kendali yang tepat juga dipilih berdasarkan pada apakah ada jumlah konstan di setiap subgroup peta kendali. Peta kendali atribut umumnya membutuhkan ukuran sampel yang jauh lebih besar daripada peta kendali variabel (Montgomery & Runger, 2003, p. 625).

### **Rational Subgroup**

Mengapa peta kendali menggunakan sampel subgroup? Pertanyaan ini pernah menjadi bahan diskusi saya dan dengan seorang teman ketika kita mempelajari uji keseragaman data yang menggunakan metode peta kendali. Prinsip dasar SPC adalah bahwa subgroup harus rasional sehingga dikenal istilah *rational subgroup*. *Rational subgroup* merupakan titik gabungan beberapa pengukuran atau data, yang mana menurut Nelson (1988):

*all of the items (di dalam subgroup – penulis) are produced under conditions in which only random effects are responsible for the observed variation.*

Ini merupakan suatu trik agar peta kendali lebih sensitif terhadap variasi. Oleh karena itu, data-data dalam sebuah subgroup harus dikumpulkan saling berkaitan, dan bahkan saling berurutan mengikuti kemunculan data di lapangan. Kemudian seluruh subgroup harus dikumpulkan dengan cara meminimalkan peluang terjadinya *special cause* di antara subgroup.

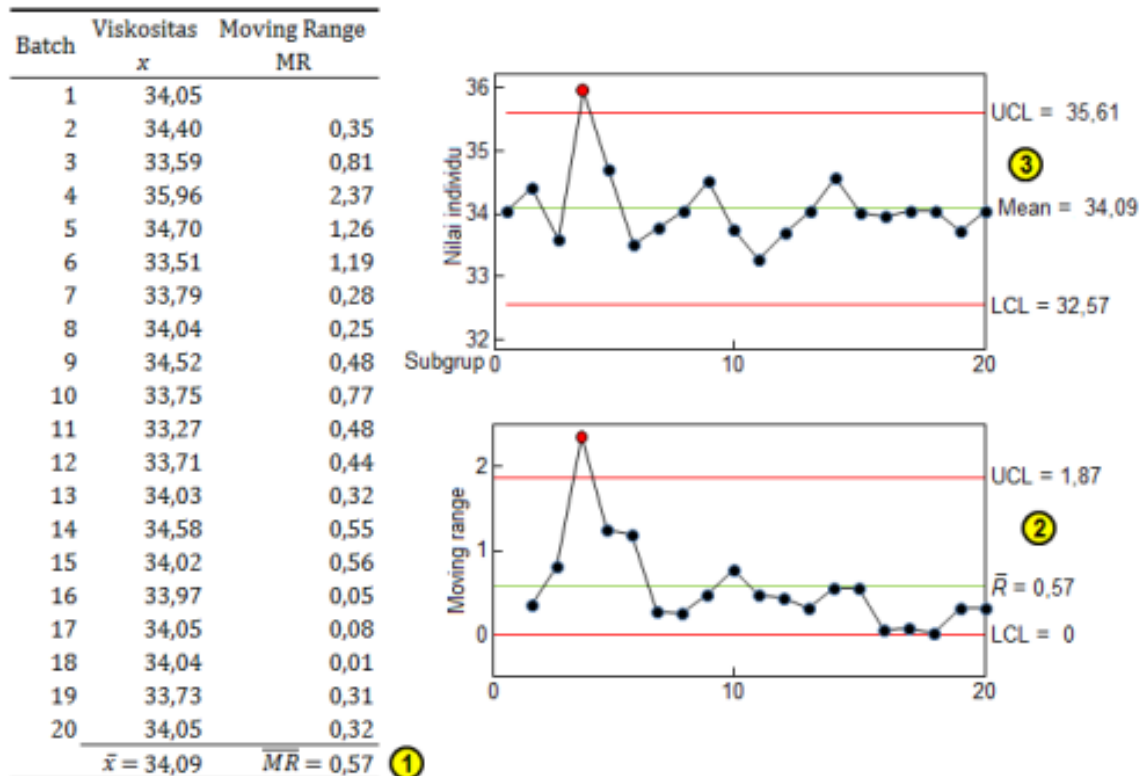
Suatu peta kendali setidaknya harus memiliki 25 titik/subgroup, yang berarti memerlukan beberapa ratus pengukuran. Jumlah subgroup sebesar ini sudah cukup untuk mengukur kestabilan proses dan memunculkan *special cause* dalam sistem. Sementara besarnya subgroup harus memperhatikan faktor biaya, tingkat produksi, siklus produksi, dan sensitifitas pendeteksian. Misal dalam kasus di mana siklus produksi sangat lama, tentu akan menyulitkan jika kita mengambil besar subgroup sebanyak  $n > 1$ . Jika kasusnya seperti ini sangat disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan I-MR control chart, yang mana besar subgroup sama dengan 1 (*individual sample*).

### **Cara Membuat Individuals Moving Range Control Chart (I-MR)**

*Individuals and moving range control chart (I-MR)* yang juga dikenali dengan nama *X-MR* atau *Shewhart individuals control chart* adalah peta kendali variabel yang digunakan jika jumlah observasi dari masing-masing subgroup hanya satu ( $n = 1$ ). I-MR diperlukan dalam situasi-situasi sebagai berikut (Montgomery, 2005, pp. 231–232):

1. Menggunakan teknologi pengukuran dan inspeksi otomatis, dan setiap unit yang diproduksi dapat dianalisis sehingga tidak ada dasar untuk pengelompokan rasional ke dalam subgrup.
2. Siklus produksi sangat lama, dan menyulitkan jika mengumpulkan sampel sebanyak  $n > 1$ .
3. Pengukuran berulang pada proses akan berbeda karena faktor kesalahan (*error*) lab atau analisis, seperti pada proses kimia.
4. Beberapa pengukuran diambil pada unit produk yang sama, seperti mengukur ketebalan oksida di beberapa lokasi yang berbeda pada sebuah *wafer* di fabrikasi alat semikonduktor.
5. Dalam pabrik-pabrik proses tertentu, seperti pabrik kertas, pengukuran pada beberapa parameter seperti ketebalan lapisan di seluruh gulungan kertas akan berbeda sangat sedikit dan menghasilkan standar deviasi yang jauh terlalu kecil jika tujuannya adalah untuk mengendalikan ketebalan lapisan sepanjang gulungan kertas.

Berikut adalah contoh penggunaan I-MR:



Sumber: Montgomery, 2005, pp. 232–234 (dimodifikasi)

Gambar 2. Individuals & Moving Range Control Chart untuk Data Viskositas Cat Primer Pesawat Terbang

**Langkah 1:** Menghitung *moving range*, rata-rata nilai individu, dan rata-rata *moving range*.

*Moving range* didefinisikan sebagai jarak atau *range* bergerak antara satu titik data ( $x_i$ ) dengan titik data sebelumnya ( $x_{i-1}$ ), dihitung sebagai  $MR_i = |x_i - x_{i-1}|$ . Untuk nilai-nilai individu  $m$ , terdapat *range*  $m - 1$ . Selanjutnya, rata-rata dari nilai-nilai ini dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\overline{MR} &= \sum_{i=2}^m \frac{MR_i}{m-1} \\ &= \sum_{i=2}^{19} \frac{MR_i}{19} \\ &= \frac{(0,35 + 0,81 + \dots + 0,32)}{19} \\ &= 0,57\end{aligned}$$

Kemudian, rata-rata nilai-nilai individu dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \sum_{i=1}^m \frac{x_i}{m} \\ &= \sum_{i=1}^{20} \frac{x_i}{20} \\ &= \frac{(34,05 + 34,40 + \dots + 34,05)}{20} \\ &= 34,09\end{aligned}$$

**Langkah 2:** Menghitung garis pusat, UCL, dan LCL untuk peta kendali *moving range*, yaitu sebagai berikut:

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

$$=\overline{MR}$$

$$=0,57$$

$$UCL_r=D_4 \overline{MR}$$

$$=3,267(0,57)$$

$$=1,87$$

$$LCL_r=D_3 \overline{MR}$$

$$=(0)(0,57)$$

$$=0$$

Nilai  $D_3 = 0$  dan  $D_4 = 3,267$  adalah faktor untuk membangun peta kendali variabel pada  $n = 2$ , seperti yang diberikan dalam banyak buku pengendalian proses statistik (lihat misalnya, Montgomery, 2005, p. 725 atau silahkan cari di halaman [download blog ini](#)).

**Langkah 3:** Menghitung garis pusat, UCL, dan LCL untuk peta kendali individu.

Dengan menggunakan rumus dalam buku Montgomery (2005), kita menentukan garis pusat, UCL, dan LCL untuk peta kendali individu sebagai berikut:

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

$$=34,09$$

$$UCL=\bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$=34,09 + 3 \frac{0,57}{1,128}$$

$$=35,61$$

$$LCL=\bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$=34,09 - 3 \frac{0,57}{1,128}$$

$$=32,57$$

Nilai 1,128 adalah nilai konstan  $d_2$  untuk  $n = 2$ , seperti yang diberikan dalam banyak



### Cara Membuat Xbar dan R-chart

Jika sampel relatif kecil ( $n \leq 10$ ), kita tidak perlu menggunakan standar deviasi untuk melihat variasi dalam peta kendali. Nilai *range* dapat digunakan untuk membangun peta kendali. Peta kendali ini dikenal dengan nama *Xbar dan R-chart*, yang terdiri dari Xbar-chart dan R-chart. Xbar berarti nilai rata-rata sampel dan R berarti “range”. *Range* secara sederhana adalah beda nilai terendah dan tertinggi sampel yang diobservasi, ini akan memberikan gambaran mengenai variabilitas. R-chart dibuat untuk menata interval variasi data ke dalam interval yang terkendali sehingga distribusi data membentuk kurva normal yang ideal. Selanjutnya, Xbar-chart dibuat untuk mengarahkan nilai tengah data hasil R-chart ke titik di mana nilai tengah distribusi normal berada.

Tabel 1 di bawah ini adalah data waktu penggunaan telepon oleh operator untuk melayani permintaan pelanggan yang akan kita gunakan untuk menjelaskan penggunaan Xbar dan R-chart.

Hari ke-	Menit penggunaan telepon					$\bar{x}_i$	$R_i$
	1	2	3	4	5		
1	4	5	2	4	1	3,2	4
2	3	5	7	6	4	5	4
3	4	4	3	4	7	4,4	4
4	5	6	12	2	8	6,6	10
5	1	8	4	3	4	4	7
6	8	6	3	12	11	8	9
7	12	10	6	2	9	7,8	10
8	2	11	6	5	3	5,4	9
9	3	13	2	6	4	5,6	11
10	4	4	1	6	6	4,2	5
						$\Sigma \bar{x}_i = 54,2$	$\Sigma R_i = 73$
						$\bar{\bar{x}} = 5,42$	$\bar{R} = 7,3$

Sumber: Borysowich, 2007 (dimodifikasi)

Berikut langkah-langkah pembuatan peta kendalinya:

- *Pertama*, kumpulkan data dalam bentuk subgrup. Dalam kasus Tabel 1, kita mengumpulkan lima pengukuran harian untuk jangka waktu 10 hari (2 minggu).
- *Kedua*, hitung rata-rata untuk setiap subgrup ke- $i$  ( $\bar{x}_i$ ). contoh: rata-rata subgrup ke-2 adalah  $\bar{x}_2 = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) / n = (3 + 5 + 7 + 6 + 4) / 5 = 5$ .

- *Ketiga*, hitung *range* setiap subgrup, yaitu  $R = x_{\max} - x_{\min}$ , contoh: *range* subgrup ke-2 adalah  $x_{\max} = 7$  dan  $x_{\min} = 3$  maka:  $R_2 = 7 - 3 = 4$ .
- *Keempat*, tentukan garis pusat ( $\bar{R}$ ), UCL, dan LCL untuk R-chart:

$$\begin{aligned} \bar{R} &= \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \\ &= \frac{73}{10} \\ &= 7,3 \\ UCL_r &= D_4 \bar{R} \\ &= 2,114(7,3) \\ &= 15,43 \\ LCL_r &= D_3 \bar{R} \\ &= 0(7,3) \\ &= 0 \end{aligned}$$

- Untuk nilai  $D_3$  dan  $D_4$ , silahkan lihat tabel faktor-faktor untuk membuat peta kendali variabel pada  $n = 5$

- *Kelima*, tentukan garis pusat ( $\bar{\bar{x}}$ ), UCL, dan LCL untuk Xbar-chart:

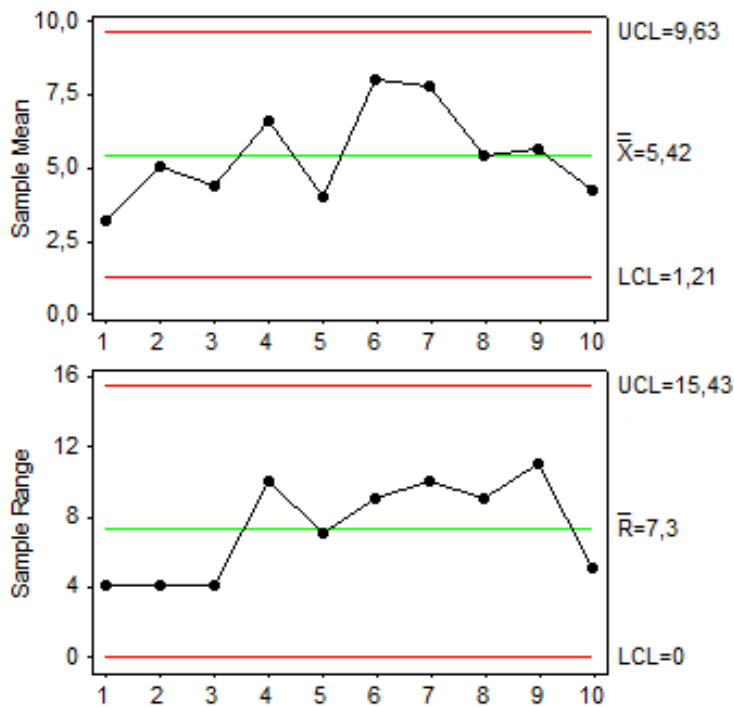
$$\begin{aligned} \bar{\bar{x}} &= \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} \\ &= \frac{54,2}{10} \\ &= 5,42 \\ UCL &= \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \\ &= 5,42 + 0,577(7,3) \\ &= 9,63 \end{aligned}$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

$$= 5,42 - 0,577(7,3)$$

$$= 1,21$$

- Sama halnya dengan nilai  $D_3$  dan  $D_4$ , nilai  $A_2$  diperoleh dari tabel statistik yang dapat didownload pada halaman [download](#) blog ini.
- *Keenam*, buat Xbar-chart dengan memplotkan nilai-nilai  $\bar{x}_i$  bersama dengan garis UCL, LCL, dan garis pusat yang telah kita hitung.
- *Terakhir*, gambarkan juga R-chart dengan memplotkan nilai-nilai  $R_i$  berikut dengan garis UCL, LCL, dan garis pusat yang telah kita hitung. Hasilnya dapat kita lihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Xbar dan R-chart untuk Kasus Waktu Penggunaan Telepon oleh Operator

### Cara Membuat Xbar dan S-chart

Pada R-chart di atas, kita telah mengukur variabilitas (mengestimasi standar deviasi) proses secara tidak langsung melalui penggunaan *range R*. Dalam kondisi tertentu terutama ketika anggota subgrup analisis di atas 10 atau 12 ( $n > 10$ ), dan ukuran subgrup tidak konstan, kita perlu mengestimasi standar deviasi proses secara langsung. S-chart dapat menggantikan R-chart, yang mana  $s$  dalam S-chart berarti *sigma* ( $\sigma$ ) atau standar deviasi sampel.

Seperti halnya Xbar dan R-chart, Xbar dan S-chart juga terdiri dari sepasang peta kendali, satu untuk memantau standar deviasi proses dan satu lagi untuk memantau rata-rata proses. Untuk lebih jelasnya perhatikan contoh kasus di bawah ini.

Seorang analis mengumpulkan tujuh sampel subgroup masing-masing terdiri dari 20 pengamatan selama 1 shift produksi.

Dia mengukur dan mencatat berat material dalam satuan ons. Dia menghitung rata-rata dengan rumus

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{20}}{20}$$

dan standar deviasi dengan rumus

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

untuk masing-masing sampel, hasilnya ditunjukkan Tabel 2 di bawah ini. Karena ukuran sampel ( $n$ ) lebih dari 10, dia harus membuat Xbar dan S-chart untuk menggantikan Xbar dan R-chart.

Tabel 2

*Rata-rata dan standar deviasi berat material dalam ons*

Sampel	$\bar{x}$	$s$
1	1,001	0,014
2	1,000	0,010
3	1,021	0,008
4	1,005	0,010
5	1,010	0,005
6	1,001	0,016
7	1,004	0,007
	$\bar{\bar{x}} = 1,006$	$\bar{s} = 0,010$

Rata-rata dari rata-rata sampel adalah

$$\bar{\bar{x}} = \frac{m}{m} \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_7}{7} = 1,006$$

dan rata-rata dari standar deviasi sampel-sampel adalah

$$\bar{s} = \frac{m}{m} \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_7}{7} = 0,010$$

Dengan  $n = 20$ , batas kendali untuk xbar dan s-chart adalah sebagai berikut:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s}$$

$$= 1,006 + 0,680(0,010)$$

$$= 1,0128$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s}$$

$$= 1,006 - 0,680(0,010)$$

$$= 0,9992$$

$$UCL_s = B_4 \bar{s}$$

$$= 1,490(0,010)$$

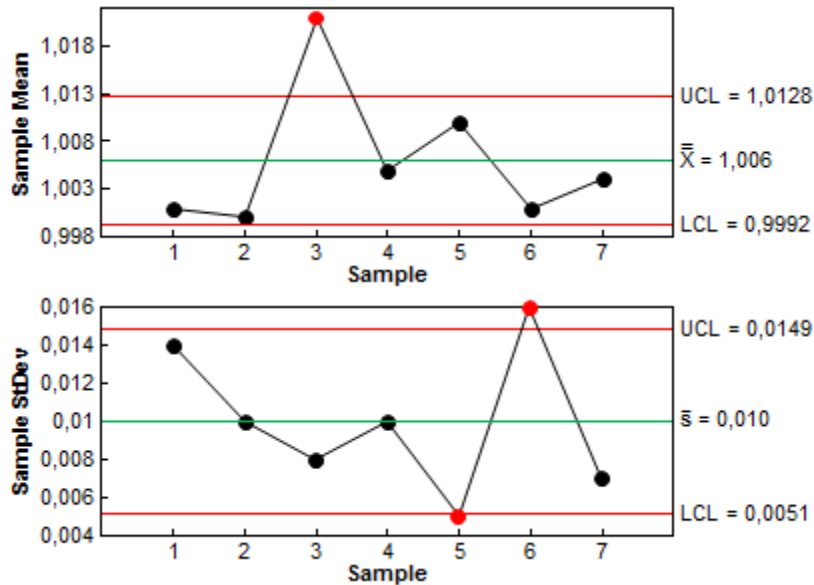
$$= 0,0149$$

$$LCL_s = B_3 \bar{s}$$

$$= 0,510(0,010)$$

$$= 0,0051$$

Gambar 4 di bawah ini menunjukkan Xbar dan S-chart yang di-plot-kan dari tujuh nilai rata-rata dan standar deviasi sampel-sampel diatas



Gambar 4. Xbar dan S-chart untuk Sampel Berat Material dalam Satuan Ons

#### Cara Membuat C-chart

C pada C-Chart berarti “count” atau hitung cacat, ini bermaksud bahwa C-chart dibuat berdasarkan pada banyaknya titik cacat dalam suatu item. C-chart berbeda dengan P-chart maupun NP-chart yang menilai satu item sebagai “cacat” atau “tidak cacat”, C-chart menghitung banyaknya cacat dalam satu item tersebut, misal: dalam 10 item sampel terdapat 2 item cacat, yang mana pada 1 item ditemukan 3 titik kerusakan dan pada 1 item lagi terdapat 5 titik kerusakan. P-chart akan menunjukkan proporsi cacat  $2/10 = 0,2$  dan NP-chart akan menunjukkan jumlah cacat sebanyak 2 item, sementara C-chart akan menunjukkan 8 kerusakan. C-chart tidak seperti P-chart dan U-chart, C-chart membutuhkan ukuran sampel yang konstan.

C-chart (maupun U-chart) didasarkan pada [distribusi Poisson](#) yang pada dasarnya mensyaratkan bahwa jumlah peluang atau lokasi potensial cacat sangat besar (tak terhingga) dan bahwa *probability* cacat di setiap lokasi menjadi kecil dan konstan. Selanjutnya, prosedur pemeriksaan harus sama untuk setiap sampel dan dilakukan secara konsisten dari sampel ke sampel (Montgomery, 2005, p. 289).

Batas kendali untuk C-chart adalah  $c \pm 3\sqrt{c}$ , yang mana  $c$  sama dengan *mean* dan varians dari distribusi Poisson. Jika nilai standar untuk  $c$  tidak tersedia,  $c$  (rata-rata  $c$ ) dapat digunakan untuk menghampiri  $c$ .

Sebuah contoh mungkin akan membantu untuk menggambarkan bagaimana cara membuat C-chart. Dari 25 wafer yang masing-masing berisi 100 chip, kita menemukan total jumlah cacat sebanyak 516 (lihat Tabel 6).

Tabel 6  
 Data jumlah cacat untuk 26 wafer, masing-masing berisi 100 chip

Sampel	Jumlah Cacat	Sampel	Jumlah Cacat
1	21	14	19
2	24	15	10
3	16	16	17
4	12	17	13
5	15	18	22
6	5	19	18
7	28	20	39
8	20	21	30
9	31	22	24
10	25	23	16
11	20	24	19
12	24	25	17
13	16	26	15
		Jumlah:	516

Sumber: Montgomery, 2005, p. 291 (dimodifikasi)

Dari Tabel 6 di atas, kita menghampiri  $c$  dengan menggunakan  $\bar{c}$ , yaitu sebagai berikut:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n} = \frac{516}{26} = 19,85$$

Oleh karena itu, batas kendalinya adalah sebagai berikut:

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

$$= 19,85 + 3\sqrt{19,85}$$

$$= 33,21$$

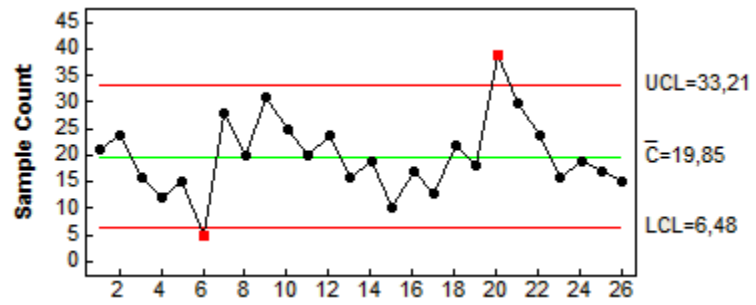
$$\text{Garis pusat} = \bar{c} = 19,85$$

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

$$= 19,85 - 3\sqrt{19,85}$$

$$= 6,48$$

Gambar 7 di bawah ini adalah C-chart dari perhitungan di atas.



Gambar 7. C-chart untuk Data Tabel 6



Referensi :

<https://eriskusnadi.wordpress.com/2012/06/09/statistical-process-control/>

<https://qualityengineering.wordpress.com/2008/06/29/stastitical-process-control-spc/>