

#9

STATISTIC QUALITY CONTROL (SQC)**Pengertian**

Kualitas dan manajemen kualitas telah mengalami evolusi menjadi TQM (*Total Quality Management*), filosofi TQM berisi dua komponen yang saling berhubungan, yaitu **sistem manajemen** dan **sistem teknik** (Krumwiede Seu, 1996).

Sistem manajemen berkaitan dengan perencanaan, pengorganisasian, pengendalian dan pengelolaan proses sumber daya manusia yang berkaitan dengan kualitas produk atau jasa.

Sistem teknik melibatkan penjaminan kualitas dalam desain produk, perencanaan dan desain proses dan pengendalian bahan baku, produk dalam proses dan produk jadi.

Statistic Quality Control (SQC) atau statistik pengendalian kualitas merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengelola dan memperbaiki produk dan proses menggunakan metode-metode statistik. SQC sering disebut sebagai statistik pengendalian proses (*Statistical Process Control/SPC*). SQC dan SPC memang merupakan dua istilah yang saling dipertukarkan, yang apabila dilakukan bersama-sama maka pengguna akan melihat gambaran kinerja proses masa kini dan masa mendatang (Cawley dan Harrold, 1999).

Sementara itu, menurut Mayelett (1994), SQC mempunyai cakupan yang lebih luas karena didalamnya terdapat SPC, pengendalian produk (*acceptance sampling*) dan analisis kemampuan proses (*capability process*).

Konsep terpenting dalam pengendalian kualitas statistik adalah Variabilitas, yaitu:

- 1) Variabilitas antar sampel (misalnya rata-rata atau nilai tengah)
- 2) Variabilitas dalam sampel (misalnya range atau standar deviasi)

Selanjutnya, penyelesaian masalah dalam statistik mencakup dua hal, antara lain:

- 1) Melebihi batas pengendalian, jika proses dalam kondisi di luar kendali
- 2) Tidak melebihi batas pengendalian, jika proses dalam kondisi kendali

Secara statistik, kedua hal tersebut digolongkan menjadi kesalahan tipe I dan kesalahan tipe II.

- 1) Kesalahan Tipe I, berarti **Resiko Produsen** (menolak produk baik)/ α , hal ini karena kebetulan yang diambil sebagai sampel adalah produk cacat, padahal produk yang tidak diambil sebagai sampel adalah produk yang baik. Tetapi karena sampel tersebut ditolak berarti seluruh produk yang diproduksi pada waktu itu ditolak.
- 2) Kesalahan Tipe II atau **Resiko Konsumen** (menerima produk cacat)/ β adalah resiko yang dialami konsumen karena menerima produk yang cacat. Hal ini karena secara kebetulan yang diambil sebagai sampel adalah produk baik, padahal produk yang tidak diambil adalah produk cacat.

Prosedur pengendalian statistik umumnya dirancang untuk meminimalkan kesalahan tipe I.

Kesalahan tipe I dan tipe II ini digambarkan dengan kurva karakteristik operasi (*operating characteristic curve*). Kurva ini menunjukkan probabilitas penerimaan sebagai fungsi dari berbagai tingkatan kualitas. Kesalahan tipe I adalah $1 - \text{probabilitas penerimaan} = (1 - P_\alpha)$ bila kualitas dapat diterima, sedangkan kesalahan tipe II adalah probabilitas penerimaan (P_α) bila kualitas dapat diterima.

Dalam sistem pengendalian mutu statistik yang mentolerir adanya kesalahan atau cacat produk kegiatan pengendalian mutu dilakukan oleh departemen pengendali mutu yang ada pada penerimaan bahan baku, selama proses dan pengujian produk akhir.

Perusahaan/organisasi dapat mengadakan inspeksi pada saat bahan baku atau penerimaan bahan baku, proses, dan produk akhir. Inspeksi tersebut dapat dilaksanakan di beberapa waktu, antara lain:

- 1) Pada waktu bahan baku masih ada ditangan pemasok,
- 2) Pada waktu bahan baku sampai ditangan perusahaan tersebut,
- 3) Sebelum proses dimulai,
- 4) Selama proses produksi berlangsung,
- 5) Sebelum dikirimkan pelanggan, dsb.

Terdapat dua pilihan untuk inspeksi, yaitu:

1. Inspeksi 100%

Berarti perusahaan menguji semua bahan baku yang datang, seluruh produk selama masih ada dalam proses atau seluruh produk jadi yang telah dihasilkan. Kelebihannya adalah tingkat ketelitian tinggi karena seluruh produk diuji, sedangkan kelemahannya adalah seringkali produk justru rusak dalam pengujian, dan membutuhkan biaya, waktu, tenaga yang tidak sedikit.

2. Teknik Sampling

Yaitu menguji hanya pada produk yang diambil sebagai sampel dalam pengujian. Kelebihannya adalah lebih menghemat biaya, waktu dan tenaga, sedangkan kelemahannya adalah tingkat ketelitian rendah.

Secara garis besar SQC digolongkan menjadi dua, yaitu:

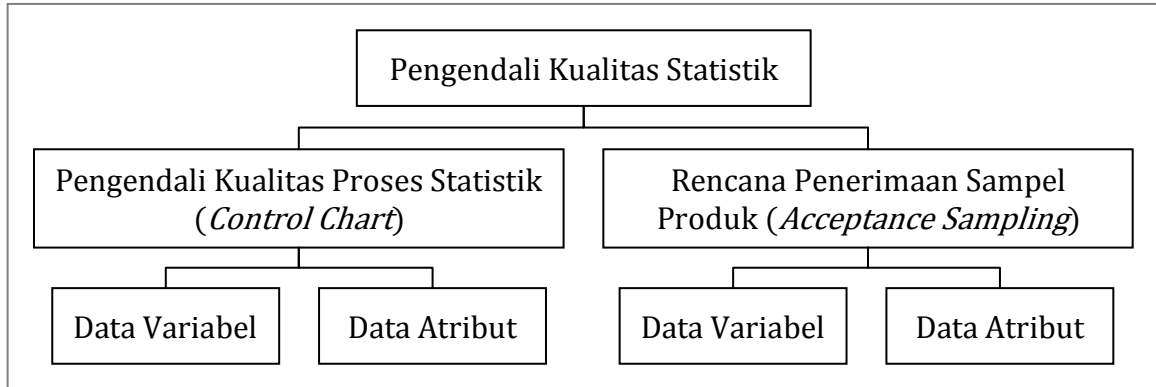
- 1) Statistik Pengendalian Proses (*statistical process control/SPC*) atau yang sering disebut dengan *control chart* (bagan kendali).
- 2) Rencana penerimaan sampel produk atau yang sering dikenal sebagai *acceptance sampling*.

Penggolongan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Menurut Gryna (2001), terdapat beberapa langkah dalam menyusun peta pengendali proses atau *control chart*, yaitu:

1. Memilih karakteristik yang akan direncanakan.
2. Memilih jenis peta pengendali.
3. Menentukan garis pusat (*central line*) yang merupakan rata-rata masa lalu atau rata-rata yang dikehendaki.
4. Pemilihan sub kelompok.
5. Penyediaan sistem pengumpulan data.

6. Penghitungan batas pengendali dan penyediaan instruksi khusus dalam interpretasi terhadap hasil dan tindakan para karyawan.
7. Penempatan data dan membuat interpretasi terhadap hasilnya.



Gambar 1. Penggolongan Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas dapat dilakukan pada produk yang dihasilkan atau dikenal dengan *acceptance sampling*, yang merupakan proses evaluasi bagian produk dan seluruh produk yang dihasilkan untuk menerima seluruh produk yang dihasilkan tersebut. Manfaat utama sampling adalah pengurangan biaya inspeksi, sedangkan manfaat *acceptance sampling*, antara lain:

1. Staf inspeksi yang lebih sedikit akan mengurangi kompleksitas inspeksi dan biaya administrasi inspeksi tersebut.
2. Berkurangnya kerusakan produk.
3. Sekelompok produk dapat diselesaikan dalam waktu yang pendek sehingga penjadwalan dan penyerahan dapat dilakukan secara tepat dan cepat.
4. Masalah yang membosankan dan kesalahan pengujian yang disebabkan 100% inspeksi dapat diminimalkan.
5. Penolakan produk yang tidak sesuai cenderung mengesankan penyimpangan kualitas dan penting bagi organisasi untuk mencari tindakan pencegahan.
6. Desain yang pantas dalam rencana pengambilan sampel memerlukan pengkajian terhadap tingkat kualitas yang disyaratkan oleh pemakai.

Acceptance Sampling meliputi perencanaan atribut dan perencanaan variabel. Pada perencanaan atribut, sampel diambil secara random dari produk yang dihasilkan, kemudian masing-masing unit diklasifikasikan apakah diterima atau ditolak. Banyaknya kesalahan kemudian dibandingkan dengan banyaknya kesalahan yang diperbolehkan dalam perencanaan. Perencanaan atribut tersebut berdasarkan *Acceptable Quality Level (AQL)*. Sedangkan pada perencanaan variabel, sampel diambil secara acak dan pengukuran karakteristik kualitas yang diharapkan dibuat untuk setiap unit. Pengukuran tersebut kemudian dirangkum ke dalam statistik sampel dan nilai observasi dibandingkan dengan nilai yang diperbolehkan dalam rencana keputusan, kemudian diambil untuk menerima atau menolak produk tersebut.

Statistik Pengendalian Kualitas Proses

Merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan sebagai pemonitor, pengendali, penganalisis, pengelola, dan memperbaiki proses menggunakan metode-metode statistik. Filosofi yang dikenal adalah output pada proses atau pelayanan dapat dikemukakan ke dalam pengendalian statistik melalui alat-alat manajemen dan tindakan perancangan. Sasarannya adalah mengadakan pengurangan terhadap variasi atau kesalahan proses, sedangkan tujuannya adalah mendeteksi adanya sebab khusus dalam variasi atau kesalahan proses.

Variasi proses terdiri dari dua macam penyebab, yaitu:

1. Penyebab Umum (*random cause atau chance cause*), yang sudah melekat pada proses.
2. Penyebab Khusus (*assignable cause atau special cause*), yang merupakan kesalahan yang berlebihan.

Selanjutnya proses dikatakan dalam pengendalian statistik apabila penyebab khusus dari penyimpangan tersebut, tidak nampak dalam proses, sehingga dicapai stabilitas proses. Apabila stabilitas proses tercapai, kemampuan proses dapat diperbaiki dengan mengurangi penyimpangan karena sebab umum.

Sementara itu untuk menentukan apakah proses berada dalam pengendalian proses statistik, menggunakan alat yang disebut peta pengendali (*control chart*), yang merupakan gambaran sederhana dengan tiga garis.

Pengendalian proses statistik dikatakan berada dalam batas pengendalian apabila hanya terdapat kesalahan yang disebabkan oleh sebab umum. Menurut Gryna (2001), hal ini memberikan manfaat penting, yaitu:

1. Proses memiliki stabilitas yang akan memungkinkan organisasi dapat memprediksi perilaku paling tidak untuk jangka pendek.
2. Proses memiliki identitas dalam menyusun seperangkat kondisi yang penting untuk membuat prediksi masa mendatang.
3. Proses yang berada dalam kondisi “berada dalam batas pengendalian statistik” beroperasi dengan variabilitas yang lebih kecil daripada proses yang memiliki penyebab khusus. Variabilitas yang rendah penting untuk memenangkan persaingan.
4. Proses yang mempunyai penyebab khusus merupakan proses yang tidak stabil dan memiliki kesalahan yang berlebihan yang harus ditutup dengan mengadakan perubahan untuk mencapai perbaikan.
5. Akan membantu karyawan dalam menjalankan proses tersebut. Apabila data berada dalam batas pengendali, maka tidak perlu lagi dibuat penyesuaian atau perubahan.
6. Akan memberikan petunjuk untuk mengadakan pengurangan variabilitas proses jangka panjang.
7. Analisis untuk pengendalian statistik mencakup penggambaran data produksi akan memudahkan dalam mengidentifikasi kecenderungan yang terjadi dari waktu ke waktu.

Proses yang stabil atau yang berada dalam batas pengendalian statistik juga dapat memenuhi spesifikasi produk, sehingga dapat dikatakan proses dalam kondisi terawat dengan baik dan dapat menghasilkan produk yang baik.

Diagram Kendali

Diagram yang menjelaskan proses yang terjadi di dalam hasil observasi data-data suatu produk. Unsur dalam diagram kendali, antara lain:

1. Garis Pusat (CL)
2. Batas Atas (UCL)
3. Batas Bawah (LCL)
4. Grafik Plot Data Observasi

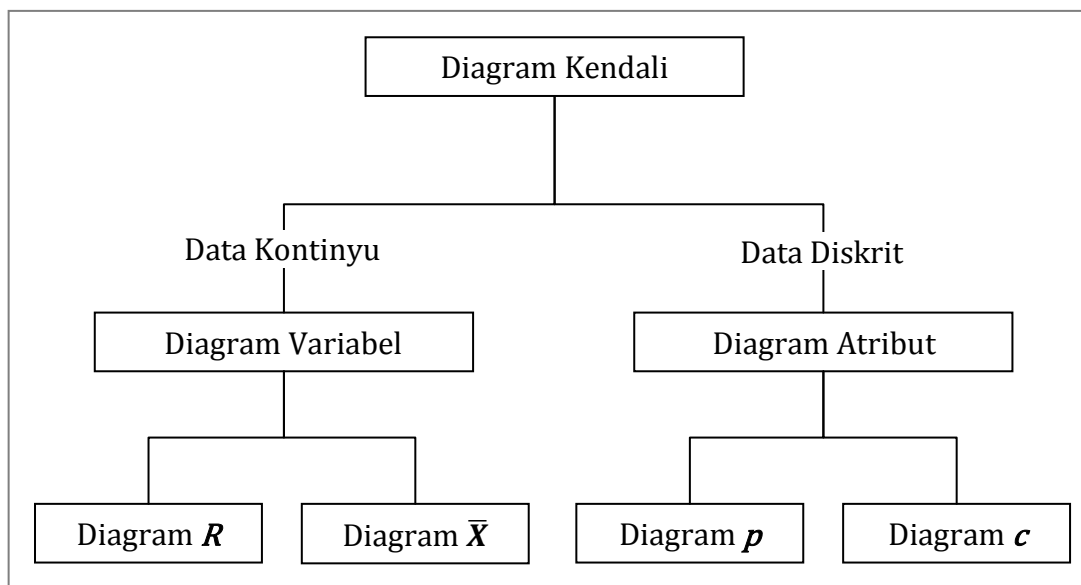
Untuk membuat diagram kendali dibutuhkan sekumpulan data yang akan di plot kedalam diagram. Dalam diagram kendalai data dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. Data Variabel
 - Karakteristik yang diperoleh dari pengukuran, contoh: berat, panjang, dll.
 - Bisa merupakan angka utuh atau pecahan.
 - Variabel acak dan kontinyu.
2. Data Atribut
 - Karakteristik yang diutamakan untuk ukuran kecacatan
 - Mengklasifikasian suatu produk menjadi “baik” atau “buruk” atau “cacat”, contoh: radio berfungsi atau rusak.
 - Variabel acak yang diskrit

Jenis diagram kendali sangat bermacam-macam, namun jenis yang biasa digunakan, antara lain:

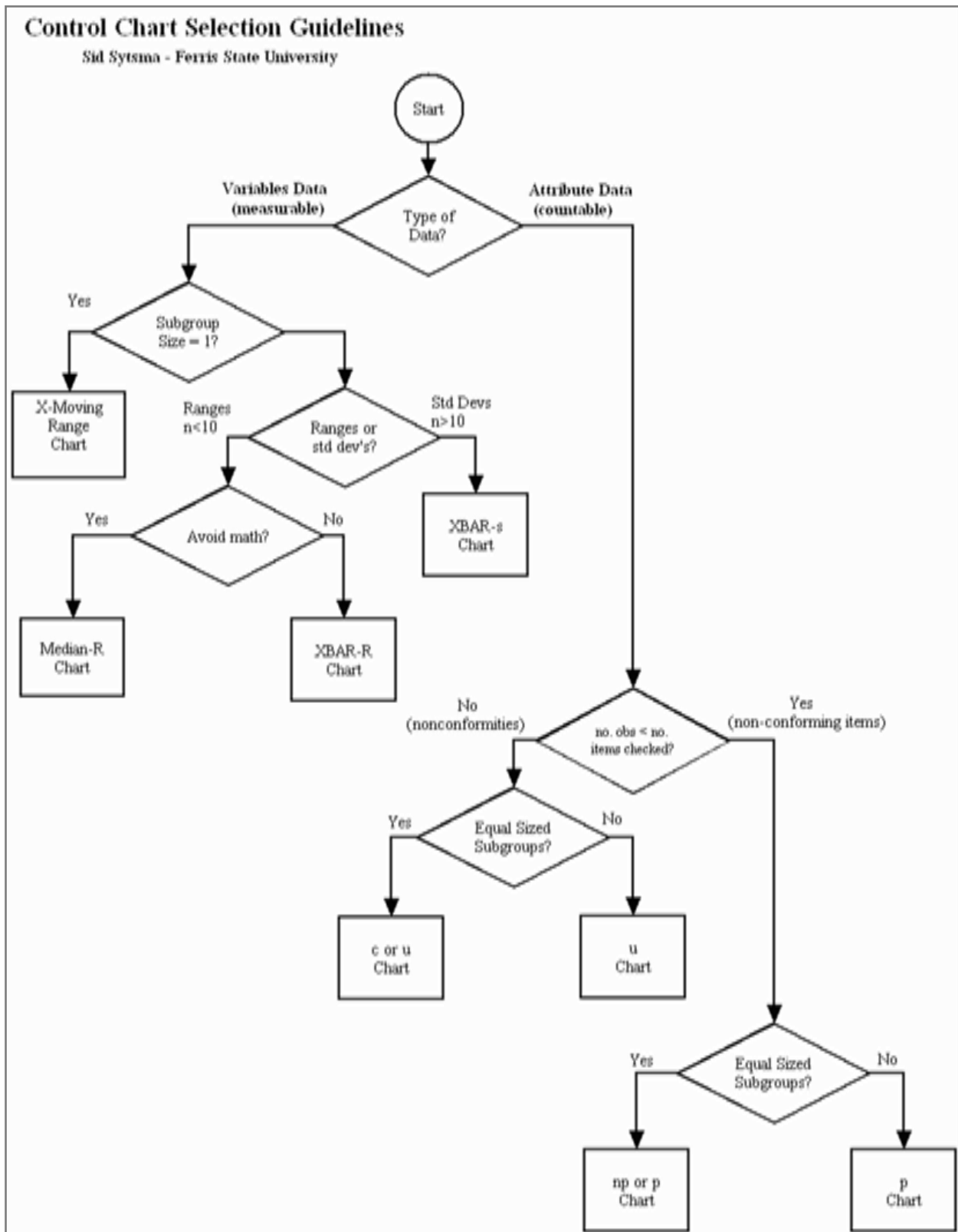
1. Diagram Nilai Kontinu (Diagram $\bar{X} - R$).
2. Diagram Nilai Diskrit (Diagram $p - c$).

Pada Gambar 2 berikut ini akan memperlihatkan penggolongan dari jenis diagram kendali.



Gambar 2. Penggolongan Jenis Diagram Kendali

Untuk panduan dalam pemilihan jenis diagram kendali dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Panduan Pemilihan Jenis Diagram Kendali

Diagram X dan R Untuk Nilai Kontinu

Merupakan diagram yang mengendalikan dan menganalisa proses dengan menggunakan nilai kontinu, seperti panjang, berat, diameter, dll.

Diagram X digunakan untuk menganalisa nilai rata-rata sub kelompok data. X adalah besaran yang dapat diukur (variabel) dan cara mengukurnya dapat dipakai alat-alat, tergantung dari apa yang akan diukur.

Diagram R digunakan untuk menganalisa *Range* atau Kisaran dari subgrup (kelompok data). R adalah Range, yaitu untuk melihat perbedaan ukuran dalam skala yang lebih kecil (perbedaan angka yang paling besar dan yang paling kecil dari satu kali pengambilan sample).

Kedua diagram tersebut saling melengkapi karena sampel harus menunjukkan nilai rata-rata yang dapat diterima dan jarak pengukuran yang dipertanggungjawabkan sebelum proses dinyatakan dalam keadaan "*under control*".

Tujuan penggunaan Diagram X dan R , antara lain:

1. Melihat sejauh mana suatu proses produksi sudah sesuai dengan standar desain proses ataukah belum.
2. Mengetahui sejauh mana masih perlu diadakan penyesuaian-penyesuaian (*adjustments*) pada mesin-mesin/alat/metode kerja yang dipakai dalam suatu, proses produksi.
3. Mengetahui penyimpangan kualitas atas hasil (produk) dari suatu proses produksi, kemudian disusul dengan dilaksanakannya tindakan-tindakan tertentu dengan tujuan agar tidak terjadi penyimpangan-penyimpangan atas kualitas pada proses berikutnya.

Untuk pembuatan diagram X dan R , langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Tentukan "apa" yang hendak "diukur", yang menggambarkan kualitas dari suatu produk/jasa atau penunjang daripada produk/jasa tersebut. Serta tentukan satuan ukurannya dan dengan alat apa akan diukurnya.
2. Tentukan ukuran contohnya (*sample size n*). Sebagai gambaran, untuk satu kali pengambilan sample secara acak (*random*) yaitu $2 < n < 12$, (biasanya 4 sampai 5 sampel).
3. Untuk keperluan pembuatan diagram X dan R standar, diperlukan 5 s/d 20 kali pengambilan (biasanya 10 kali) @ 4 sampai 5 sampel.
4. Untuk keperluan pengendalian dari waktu ke waktu, pengambilan sample dilakukan secara kontinu, misalnya: 5 kali pengambilan per hari, dan hal ini tentunya tergantung dari kebutuhan, kegunaan serta kemampuan karyawan/pejabat yang bertanggungjawab atas kualitas tersebut.
5. Lakukan pengambilan sampel dan perhitungan.
 - a. Perhitungan Pada Tabel Data Diagram X – R .

- Menghitung X rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

- Menghitung R

R merupakan selisih angka paling besar dan angka paling kecil dalam setiap kelompok sampel (jarak pengukuran tertinggi dan terendah dalam pengambilan sampel).

b. Perhitungan Untuk Pembuatan Diagram \bar{X} - R

- Menghitung garis tengah (*Central Line/CL*)

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k}$$

k = jumlah berapa kali pengambilan sampel

- Menghitung Garis Batas untuk \bar{X}

$$UCL \bar{X} = \bar{\bar{X}} + (A_2)\bar{R}$$

$$LCL \bar{X} = \bar{\bar{X}} - (A_2)\bar{R}$$

- Menghitung Garis Batas untuk R

$$UCL R = (D_4)\bar{R}$$

$$LCL R = (D_3)\bar{R}$$

- Untuk nilai A_2 , D_3 , dan D_4 diperoleh dari tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Nilai Faktor A_2 , D_3 , dan D_4

n	A_2	D_3	D_4
2	1.88	0.00	3.27
3	1.02	0.00	2.57
4	0.73	0.00	2.28
5	0.58	0.00	2.11
6	0.48	0.00	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.76
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59

Catatan :

- Apabila terdapat angka perhitungan LCL yang negatif maka digambarkan pada garis 0.
- Angka \bar{X} dan R untuk setiap pengambilan sample kemudian diplotkan di dalam, grafik tersebut untuk mengetahui apakah standar ini sudah benar atautkah belum

Contoh:

Sebuah perusahaan melakukan pengecekan dan pengukuran berat suatu produk. Jumlah data yang diperiksa (sampel) adalah 125 unit. Sampel itu dibagi menjadi 25 sub kelompok yang masing-masing terdiri dari 5 unit. Setelah dilakukan pengukuran, datanya sbb:

Tabel 2. Contoh Tabel Data Hasil Pengukuran

Sub Kelompok	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	39	32	38	35	37
2	32	37	31	25	34
3	31	32	35	29	37
4	35	37	42	47	38
5	28	31	37	36	25
6	40	35	33	38	33
7	35	30	37	33	26
8	35	39	32	37	38
9	27	37	36	33	35
10	32	33	31	37	32
11	35	39	35	31	33
12	31	25	24	32	22
13	22	37	31	37	28
14	37	32	33	38	30
15	31	37	33	38	31
16	27	31	23	27	32
17	38	35	37	26	37
18	35	31	29	39	35
19	31	29	35	29	35
20	29	27	32	38	31
21	40	39	41	33	29
22	20	31	27	29	28
23	30	37	29	32	31
24	28	35	22	32	37
25	39	34	31	29	29

Penyelesaian:

Karena data sudah dalam bentuk tabel, maka selanjutnya lakukan perhitungan \bar{X} rata-rata (\bar{X}) dan R dari data pada tabel tersebut. Hasilnya diperoleh seperti pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Perhitungan \bar{X} dan \bar{R}

Sub Kelompok	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$\sum X$	\bar{X}	R
1	39	32	38	35	37	181	36.20	7
2	32	37	31	25	34	159	31.80	12
3	31	32	35	29	37	164	32.80	8
4	35	37	42	47	38	199	39.80	12
5	28	31	37	36	25	157	31.40	12
6	40	35	33	38	33	179	35.80	7
7	35	30	37	33	26	161	32.20	11
8	35	39	32	37	38	181	36.20	7
9	27	37	36	33	35	168	33.60	10
10	32	33	31	37	32	165	33.00	6
11	35	39	35	31	33	173	34.60	8
12	31	25	24	32	22	134	26.80	10
13	22	37	31	37	28	155	31.00	15
14	37	32	33	38	30	170	34.00	8
15	31	37	33	38	31	170	34.00	7
16	27	31	23	27	32	140	28.00	9
17	38	35	37	26	37	173	34.60	12
18	35	31	29	39	35	169	33.80	10
19	31	29	35	29	35	159	31.80	6
20	29	27	32	38	31	157	31.40	11
21	40	39	41	33	29	182	36.40	12
22	20	31	27	29	28	135	27.00	11
23	30	37	29	32	31	159	31.80	8
24	28	35	22	32	37	154	30.80	15
25	39	34	31	29	29	162	32.40	10
Total						4106	821.20	244

Kemudian lanjutkan dengan perhitungan untuk pembuatan diagram. Yang pertama adalah menghitung CL , adalah sebagai berikut:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{821.20}{25} = 32.85 \qquad \bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{244}{25} = 9.76$$

Untuk membuat diagram \bar{X} , maka lakukan penghitungan batas \bar{X} , adalah sebagai berikut:

$$UCL \bar{X} = \bar{\bar{X}} + (A_2)\bar{R} \qquad LCL \bar{X} = \bar{\bar{X}} - (A_2)\bar{R}$$

$$UCL X = 32.85 + (0.58)(9.76)$$

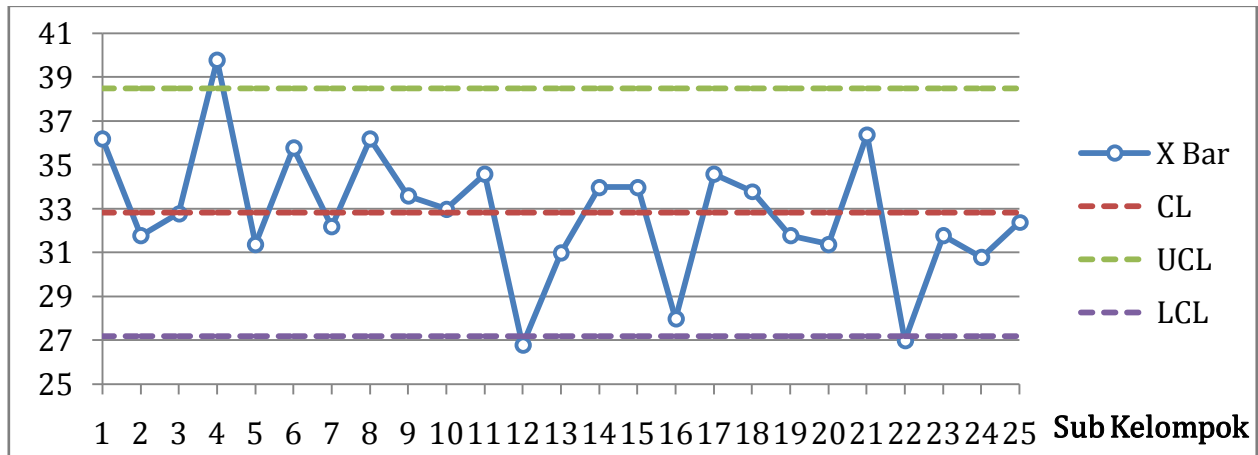
$$LCL X = 32.85 - (0.58)(9.76)$$

$$UCL X = 38.51$$

$$LCL X = 27.19$$

Nilai A_2 diperoleh dari Tabel 1.

Dari hasil tersebut, kita lakukan plot ke dalam diagram kendali \bar{X} , seperti Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Hasil Diagram Kendali \bar{X}

Sedangkan untuk membuat diagram R , maka lakukan penghitungan batas R , adalah sebagai berikut:

$$UCL R = (D_4)\bar{R}$$

$$LCL R = (D_3)\bar{R}$$

$$UCL R = (2.11)(9.76)$$

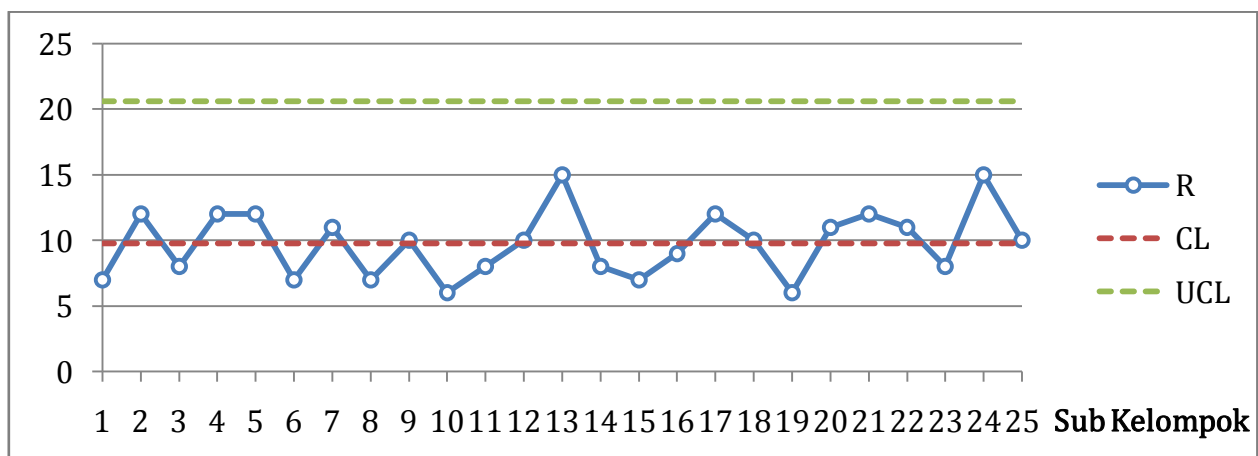
$$LCL R = (0.00)(9.76)$$

$$UCL R = 20.59$$

$$LCL R = 0 \text{ (tidak ada LCL)}$$

Nilai D_3 dan D_4 diperoleh dari Tabel 1.

Dari hasil tersebut, kita lakukan plot ke dalam diagram kendali R , seperti Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Hasil Diagram Kendali R

Diagram Kendali Untuk Atribut/Nilai Diskrit

Pengertian atribut adalah persyaratan kualitas yang diberikan kepada suatu barang/jasa, yang hanya menunjukkan apakah barang/jasa tersebut di terima atau di tolak.

Diagram ini biasanya digunakan untuk menganalisa suatu pengukuran yang bersifat diskrit, contohnya: kelingan yang rusak pada sayap pesawat, gelembung-gelembung udara pada botol/gelas, goresan pada lempengan plat dan sebagainya.

Tujuan dari diagram kendali p adalah untuk membuat persentase atau proporsi dari produk yang *defective* per sampel untuk menilai masing-masing produk dapat diterima (*acceptable*) atau ditolak (*defective*).

Sedangkan tujuan dari diagram kendali c adalah untuk mengetahui jumlah defect dalam unit produk yang tetap.

Diagram Kendali p

Diagram kendali p merupakan jenis diagram kendali batas atribut, memakai skala dengan data kategori, misalnya: buruk-jelek. Diagram p memperlihatkan persentase dari item yang tidak sesuai, contoh: menghitung jumlah kursi rusak dan dibagi dengan jumlah total kursi yang diperiksa.

Diagram kendali p disebut sebagai diagram kendali *defective*. Dimana p adalah rasio antara jumlah produk *defective* yang didapatkan dalam inspeksi terhadap jumlah seluruh produk yang di inspeksi, yang dapat dinyatakan dalam fraksi disebut "*fraction defective*" atau persentase disebut "*percentage defective*". Diagram kendali p dapat di susun dengan jumlah sample tetap atau bervariasi.

Perhitungan untuk membuat diagram kendali p .

- Garis tengah (*Central Line/CL*)

$$\bar{p} = \frac{\text{jumlah produk defective}}{\text{jumlah produk diobservasi}}$$

- Garis batas untuk p

$$UCL\ p = \bar{p} + (z)S_p$$

$$z = 2 \text{ untuk batas } 95.5\%$$

Untuk p dalam fraksi

$$S_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

n = ukuran sampel

$$LCL\ p = \bar{p} - (z)S_p$$

$$z = 3 \text{ untuk batas } 99.7\%$$

Untuk p dalam persentase

$$S_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(100 - \bar{p})}{n}}$$

Contoh:

Dalam memproduksi "*Wiring Board*" yang digunakan dalam *assembling* produk-produk tertentu diambil sampel 50 buah per hari dalam waktu 20 hari. *Wiring Board* ini di *test* dan

jika lampu menyala bahan diterima. Hasil tabulasi dari data yang dicatat selama fase permulaan produksi sebagai berikut.

Tabel 4. Tabulasi Data Diagram p

Tanggal	Tolak	Persentase	Tanggal	Tolak	Persentase
08-Sep-00	4	8	23-Sep-00	2	4
09-Sep-00	3	6	24-Sep-00	5	10
10-Sep-00	2	4	25-Sep-00	2	4
11-Sep-00	6	12	26-Sep-00	2	4
12-Sep-00	3	6	29-Sep-00	1	2
15-Sep-00	1	2	30-Sep-00	3	6
16-Sep-00	3	6	01-Okt-00	2	4
17-Sep-00	2	4	02-Okt-00	1	2
18-Sep-00	9	18	03-Okt-00	3	6
19-Sep-00	5	10	Jumlah	62	124
22-Sep-00	3	6			

Penyelesaian:

Dari Tabel 4 dapat diketahui jumlah produk yang ditolak seluruhnya = 62 buah dan jumlah persentase *defective* 124%, maka:

$$\bar{p} = \frac{\text{jumlah produk defective}}{\text{jumlah produk diobservasi}}$$

$$\bar{p} = \frac{62}{20 \times 50} = 6.2 \quad \text{atau} \quad \bar{p} = \frac{124\%}{20} = 6.2\%$$

Selanjutnya hitung S_p terlebih dahulu, seperti berikut ini.

$$S_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(100 - \bar{p})}{n}} = \sqrt{\frac{6.2(100 - 6.2)}{50}} = 3.4\%$$

Kemudian hitung garis batas p , dengan nilai $z = 3$, maka:

$$UCL p = \bar{p} + (z)S_p$$

$$LCL p = \bar{p} - (z)S_p$$

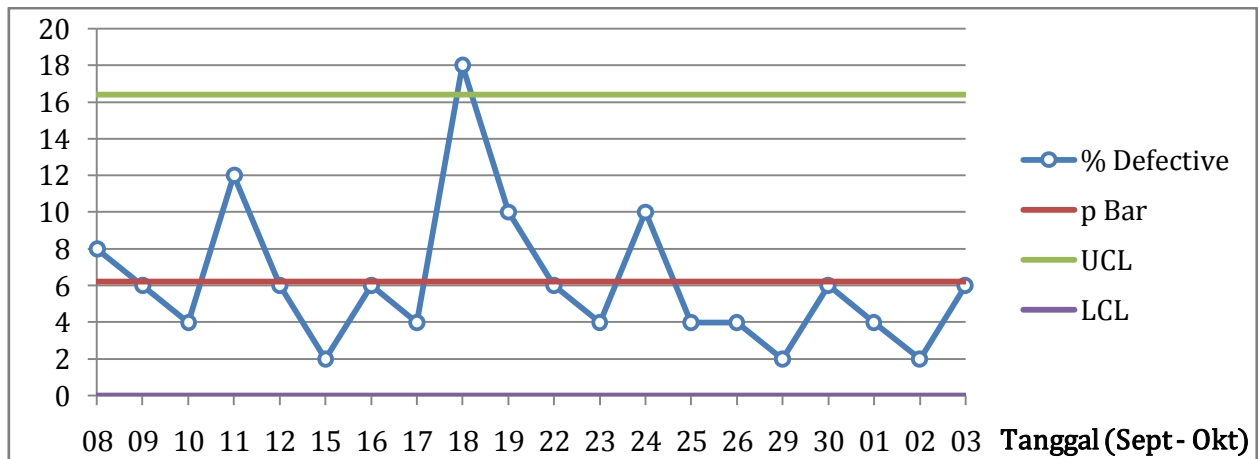
$$UCL p = 6.2\% + (3)(3.4\%)$$

$$LCL p = 6.2\% - (3)(3.4\%)$$

$$UCL p = 16.4\%$$

$$LCL p = -4.0\% \text{ (negatif), diambil } = 0$$

Dari hasil tersebut, kita lakukan plot ke dalam diagram kendali p , seperti Gambar 6 berikut ini.

Gambar 6. Hasil Diagram Kendali p

Melihat bahwa pada tanggal 18 September ada titik diluar batas pengendalian maka dilakukan penelitian. Ternyata ada buruh baru dan produknya belum sempat diperiksa sudah masuk dalam sampel. Agar proses tersebut tetap dalam pengendalian diagram kendali perlu direvisi dengan cara:

1. Nilai tanggal 18 September dikeluarkan.
2. Dilakukan perhitungan ulang:
 - a. Jumlah sample jadi 19×50
 - b. Jumlah defective (yang ditolak) = $62 - 9 = 53$

$$\bar{p} \text{ revisi} = \frac{53}{19 \times 50} = 5.6\%$$

$$S_p = \sqrt{\frac{5.6(100 - 5.6)}{50}} = 3.2\%$$

$$UCL \text{ p revisi} = 5.6\% + (3)(3.2\%)$$

$$LCL \text{ p revisi} = 5.6\% - (3)(3.2\%)$$

$$UCL \text{ p revisi} = 15.3\%$$

$$LCL \text{ p revisi} = -4.2\%$$

(negatif), diambil = 0

Dari hasil revisi tersebut, kita lakukan plot ke dalam diagram kendali p , seperti Gambar 7 berikut ini.

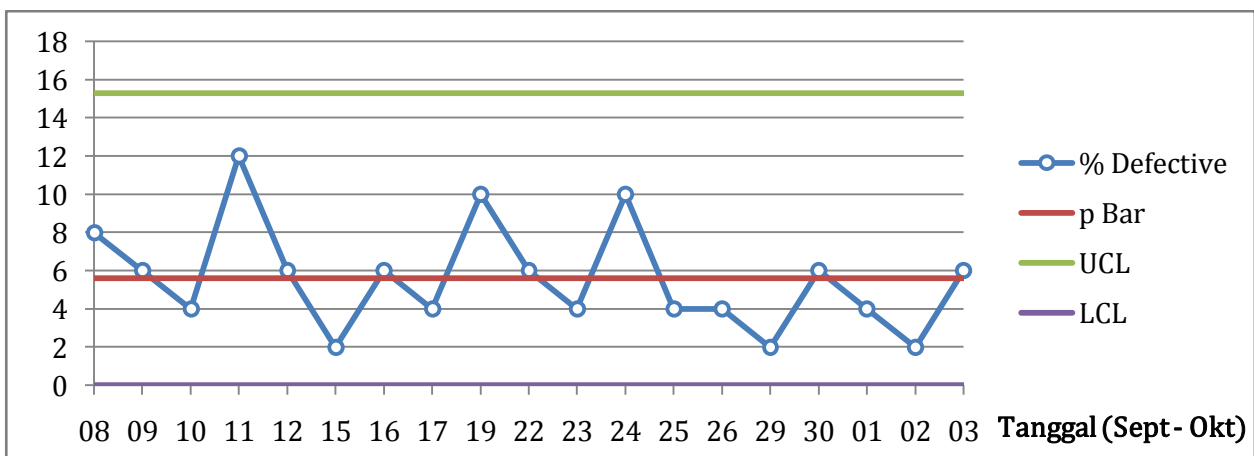
Gambar 7. Hasil Diagram Kendali p revisi

Diagram Kendali c

Banyak parameter yang dikendalikan tidak dapat dinyatakan sebagai bagian seperti dalam diagram p . Misalnya dalam pertenunan, jumlah *defect* per 10m² dari bahan yang diproduksi mungkin merupakan parameter yang harus dikendalikan. Disini satu *defect* mungkin artinya kecil tetapi kalau *defect*-nya besar per unit mungkin dapat merupakan obyek penting sekali. Untuk itu distribusi kemungkinan yang berlaku adalah distribusi **POISSON**, dimana terjadi *defect* secara *random*.

Perhitungan untuk pembuatan diagram kendali c , adalah sebagai berikut:

- Garis tengah (*Central Line/CL*)

$$\bar{c} = \frac{\text{jumlah produk defective}}{\text{jumlah produk diobservasi}}$$

- Garis batas untuk c

$$UCL\ c = \bar{c} + (z)S_c$$

$$LCL\ c = \bar{c} - (z)S_c$$

$$S_c = \sqrt{\bar{c}}$$

$z = 2$ untuk batas 95.5%

$z = 3$ untuk batas 99.7%

Contoh:

Diagram kendali c digunakan untuk menilai proses otomatis dalam memproduksi bahan yang dipakai pada musim dingin. Inspeksi dilakukan secara terus menerus pada setiap panjang 10 yards. Kedua belah bagian diinspeksi lewat sinar berintensitas tinggi. *Defect* dapat terjadi karena tenunan tidak baik dan tidak terlapisnya dengan bahan tertentu secara baik. *Defect* ini kecil dan dideteksi per $\pm 2\text{cm}^2$ atau kurang. Data pada waktu yang lampau per 10 yard persegi ada 40 *defect*. Dengan demikian diagram kendali c tersusun sebagai berikut dengan $z = 3$:

$$UCL\ c = \bar{c} + (z)S_c$$

$$LCL\ c = \bar{c} - (z)S_c$$

$$UCL\ c = 40 + (3)\sqrt{40} = 59$$

$$LCL\ c = 40 - (3)\sqrt{40} = 21$$

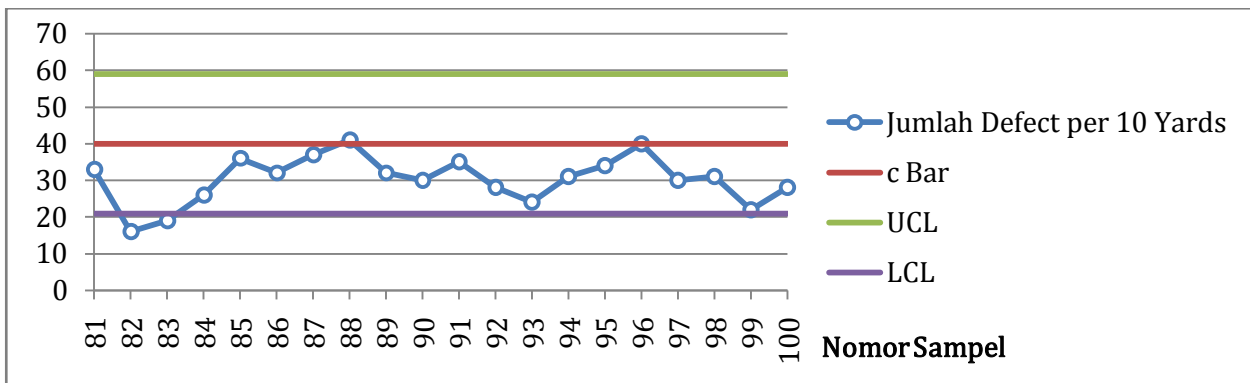
Dari produksi terbaru, tercatat data menurut sampel no. 81 s/d 100 sebagai berikut:

Tabel 5. Data Defect Tenunan

Nomor Sample	Jumlah Defect per 10 Yards	Nomor Sample	Jumlah Defect per 10 Yards	Nomor Sample	Jumlah Defect per 10 Yards
81	33	88	41	95	34
82	16	89	32	96	40
83	19	90	30	97	30
84	26	91	35	98	31
85	36	92	28	99	22
86	32	93	24	100	28
87	37	94	31		

Penyelesaian:

Dari batas c pada soal dan Tabel 5, akan diperoleh diagram kendali c , seperti berikut ini.



Gambar 8. Hasil Diagram Kendali c

Perhatian khusus diadakan karena proses yang baru. Perhatikan jumlah defect pada nomor sampel 81, 82, 83, dan 84. Dari data tersebut diperoleh memperlihatkan bahwa terjadi penurunan dari nomor sampel 81 (yaitu 33) ke nomor sampel 82 dan 83 (yaitu 16 dan 19) dan kemudian meningkat kembali dari nomor sampel 84 (yaitu 26) dst. Ternyata dari penelitian selanjutnya, pengawas masih kurang ahli dalam menentukan macam defect tersebut. Karenanya nomor sampel 82 dan 83 tidak dihitung.

Selanjutnya menilai fakta bahwa banyak data dibawah harga $\bar{c} = 40$, maka disarankan untuk merevisi batas-batas pengendalian. Nomor sampel 82 dan 83 merupakan kesalahan yang dimasukkan dan karena belum berpengalamannya pengawas, sampel 84 pun masih diragukan. Untuk merevisi, nomor sampel mulai dipakai dari 85 s/d 100. Sehingga perhitungan diagram c akan menjadi seperti berikut ini.

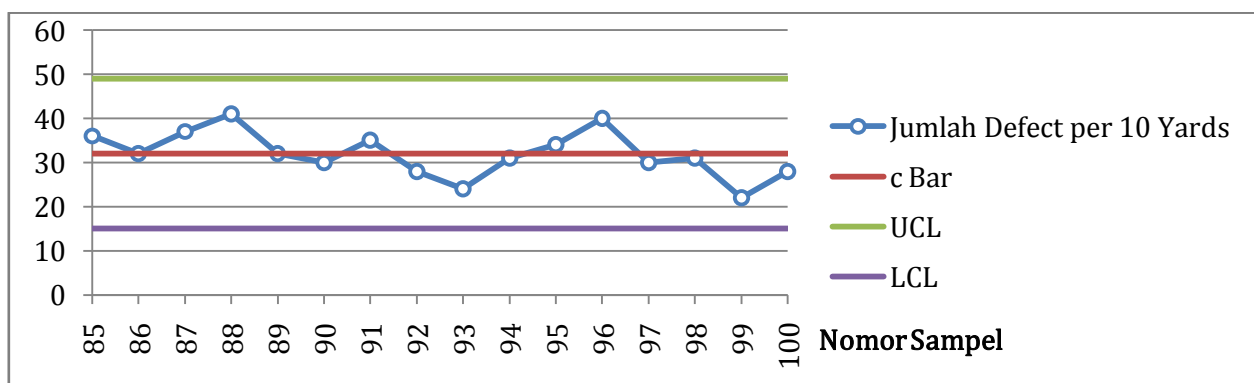
$$\bar{c}_{revisi} = \frac{\text{jumlah produk defective}}{\text{jumlah produk diobservasi}} = \frac{c_{85} + c_{86} + \dots + c_{100}}{16}$$

$$\bar{c}_{revisi} = \frac{36 + 32 + \dots + 28}{16} = 32$$

$$UCL_{c\ revisi} = \bar{c}_{revisi} + (z)S_{c\ revisi} = 32 + (3)\sqrt{32} = 49$$

$$LCL_{c\ revisi} = \bar{c}_{revisi} - (z)S_{c\ revisi} = 32 - (3)\sqrt{32} = 15$$

Dari hasil revisi tersebut, kita lakukan plot ke dalam diagram kendali c , seperti Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Diagram Kendali c revisi

Referensi

- Ashok Rao and Lawrence P. Carr, *Total Quality Management: A Cross-functional Perspective*, John Wiley & Sons, 1996
- Jenny Waller and Derek Allen, *The T.Q.M. Toolkit: A Guide to Practical Techniques for Total Quality Management*, Kogan Page, 1995
- Soewarso Hardjosoedarmo, *Total quality management*, Andi, 2004
- Suryadi Prawirosentono, *Filosofi Baru Tentang Manajemen Mutu Terpadu Abad 21: Kiat Membangun Bisnis Kompetitif*, Bumi Aksara, 2007
- Nursya'bani Purnama, *Manajemen Kualitas: Perspektif Global*, Fakultas Ekonomi UII, 2006
- Bernardine Wirjana, *Mencapai Manajemen Berkualitas*, Andi, 2007
- Sri Untari, *Patok Duga Sebagai Instrumen Perbaikan Kinerja Perusahaan*, Gema Stikubank, Desember 1996
- T. Yuri M Zagloel dan Rahmat Nurcahyo, *Total Quality Management*, 2012