

PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK

Software R memfasilitasi proses pengendalian kualitas statistik (*statistics process control*) dengan menginstall dan mengaktifkan *package* **qcc**. Analisis pengendalian kualitas statistik, diantaranya diagram kontrol atribut dan variabel, diagram CUSUM dan EWMA dapat dilakukan melalui *comment line* dengan *function* **qcc()**. *Package* **qcc()** dapat digunakan untuk:

- Memplot bagan pengendalian mutu Shewhart (diagram shewhart/diagram kontrol) untuk data kontinu, atribut, dan *count data*,
- Memplot diagram Cusum dan EWMA untuk data kontinu,
- Menggambar operasi kurva karakteristik
- Analisis proses kapabilitas
- Menggambar diagram pareto dan *cause-and-effect diagram*.

1. Diagram Kontrol Data Kontinu (Diagram Kontrol Variabel)

Dalam modul ini, data yang akan digunakan adalah data bawaan R, yaitu data **pistonrings**. **Pistonrings** adalah lingkaran pengisap untuk sebuah mesin automotif yang dibuat melalui proses tempaan. Diameter bagian dalam lingkaran dihasilkan oleh proses pengukuran 25 kelompok sampel, tiap kelompok memiliki 5 anggota, untuk setiap fase I, yang digunakan untuk membangun diagram kontrol. Fase II menggunakan 15 kelompok sampel yang masing-masing berukuran 5. **pistonrings** merupakan sebuah data frame dengan 200 observasi dan 3 variabel (diameter, ID sampel, dan keterangan *preliminary sample indicator*, TRUE untuk fase I sedangkan FALSE untuk fase II).

```
>data(pistonring) #memanggil data
>head(pistonrings) # menampilkan 5 data teratas
>attach(pistonrings) #melekatkan database pada R-path
>dim(pistonrings) #menampilkan dimensi data
```

Diagram kontrol variabel \bar{X} dibuat untuk variabel **diameter** (skala data kontinu) pada data **pistonrings**. *Function* **qcc.groups()** dapat digunakan untuk memudahkan pembuatan kelompok dari sebuah data vector berdasarkan indikator sampel. Formula yang digunakan adalah **qcc.groups(data, sample)**. Argumen **data** merupakan data observasi dengan tipe kontinu sedangkan **sample** adalah indikator sampel pada data observasi.



Data yang akan digunakan adalah data kontinu, yaitu variabel **diameter**. Oleh karena itu, pada modul ini, nama data untuk pembuatan diagram kontrol variabel adalah **diameter**.

```
>diameter=qcc.groups(diameter,sample) #membuat data baru
>dim(diameter) # mengetahui dimensi data diameter
```

25 kelompok sampel pertama pada data **diameter** digunakan untuk membuat diagram kontrol variabel \bar{X} , dengan *function* **qcc()**. Informasi statistik deskriptif, jumlah kelompok dan subkelompok, serta batas kendali atas dan bawah (LCL dan UCL) menggunakan *function* **summary()**, formula yang digunakan adalah sebagai berikut.

```
>obj=qcc(diameter[1:25,], type="xbar")
>summary(obj)
```

Output dari formula-formula untuk menampilkan diagram kontrol **diameter** ditampilkan pada Gambar 1.1.

```
> data(pistonrings) #memanggil data
> head(pistonrings) # menampilkan 5 data teratas
  diameter sample trial
1  74.030      1    TRUE
2  74.002      1    TRUE
3  74.019      1    TRUE
4  73.992      1    TRUE
5  74.008      1    TRUE
6  73.995      2    TRUE

> attach(pistonrings) #meletakkan database pada R-path
> dim(pistonrings) #menampilkan dimensi data
[1] 200  3
>
> diameter=qcc.groups(diameter,sample) #membuat data baru
> head(diameter)
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
1 74.030 74.002 74.019 73.992 74.008
2 73.995 73.992 74.001 74.011 74.004
3 73.988 74.009 74.021 74.005 74.002
4 74.002 73.996 73.993 74.015 74.009
5 73.992 74.007 74.015 73.989 74.014
6 73.995 73.994 73.997 73.985 73.993

dim(diameter) # mengetahui dimensi data diameter
[1] 40  5
> obj=qcc(diameter[1:25,], type="xbar")
> summary(obj)

Call:
qcc(data = diameter[1:25, ], type = "xbar")

xbar chart for diameter[1:25, ]

Summary of group statistics:
  Min 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
73.99  74.00  74.00  74.00  74.00  74.01

Group sample size: 5
Number of groups: 25
Center of group statistics: 74.00118
Standard deviation: 0.009785039

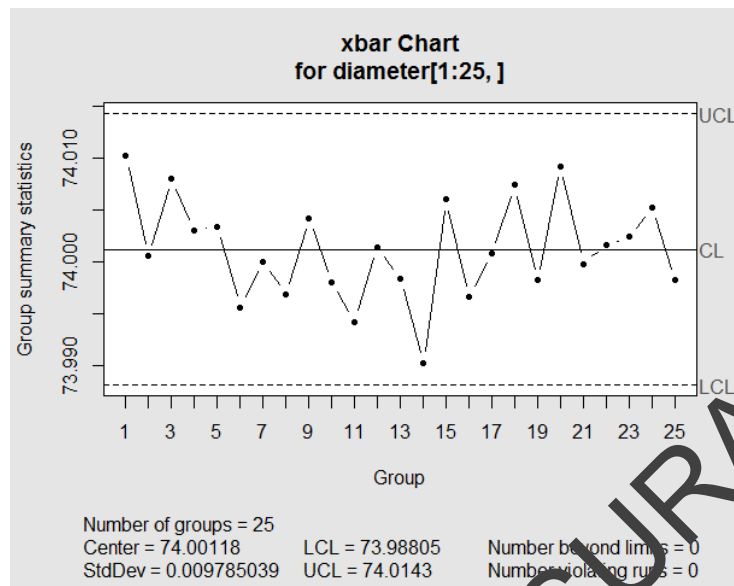
Control limits:
  LCL      UCL
73.98805 74.01415
```

Gambar 1.1 OutputFunction **qcc()** untuk Data **diameter**

Berdasarkan Gambar 1.1 diketahui bahwa rata-rata diameter dari 25 kelompok sampel adalah 74.00 dengan nilai diameter minimum sebesar 73.99 dan maksimum sebesar 74.01. Diagram kontrol variabel \bar{X} yang dihasilkan mempunyai batas bawah dan batas



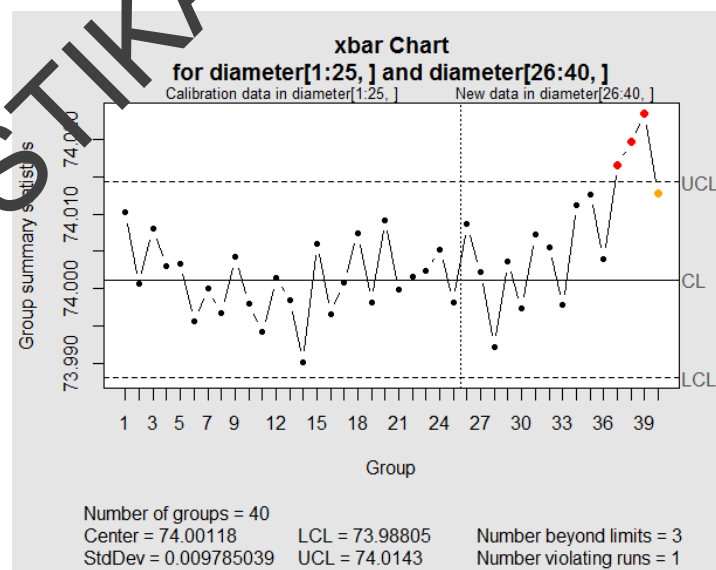
atas masing-masing sebesar 73.988 dan 74.014. Gambar 1.2 merupakan diagram kontrol \bar{X} yang dihasilkan.



Gambar 1.2 Diagram Kontrol \bar{X}

Berdasarkan Gambar 1.2, diketahui bahwa semua titik observasi berada dalam batas kendali (*in control process*). Penambahan kelompok sampel dapat dilakukan karena 25 kelompok pertama diketahui berada dalam batas kendali. Penambahan kelompok dilakukan dengan menambahkan 15 kelompok sampel berikutnya (fase II). Formula yang digunakan adalah sebagai berikut.

```
>obj=qcc(diameter[1:25,], type="xbar", newdata=diameter[26:40,])
```



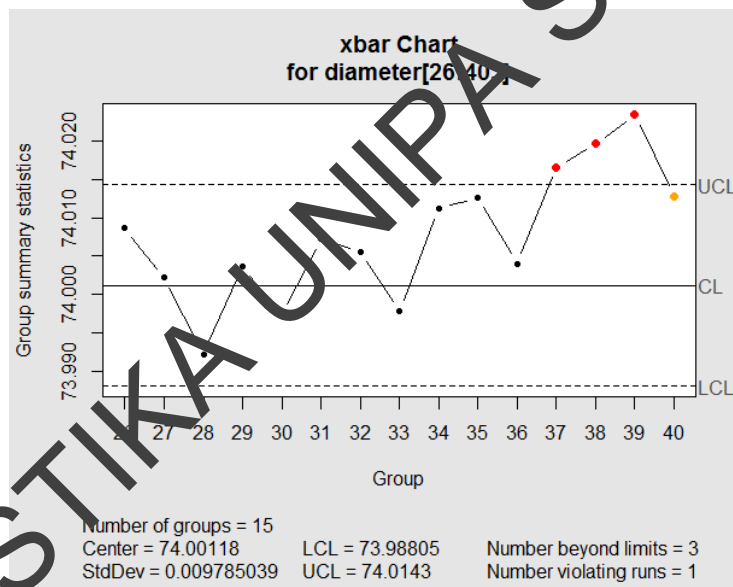
Gambar 1.3 Diagram Kontrol \bar{X} setelah Penambahan Kelompok Sampel

Diagram kontrol \bar{X} setelah penambahan kelompok sampel ditampilkan pada Gambar 1.3. Gambar 1.3 merupakan diagram kontrol \bar{X} dari kalibrasi antara data (kelompok sampel pertama) dan data baru (kelompok sampel kedua), akan tetapi nilai statistik deskriptif dan batas kendali merupakan nilai dari data kelompok sampel pertama. Berdasarkan Gambar 1.3 diketahui bahwa setelah penambahan kelompok sampel terdapat observasi yang berada diluar batas kendali atas.

Formula yang digunakan apabila ingin menampilkan diagram kontrol dengan titik observasi hanya pada data baru adalah sebagai berikut.

```
>obj=qcc(diameter[1:25,], type="xbar", newdata=diameter[26:40,], chart.all=FALSE)
```

chart.all=FALSE adalah argumen logical dengan default TRUE, yang berarti diagram kendali yang ditampilkan merupakan diagram kendali dengan titik observasi data lama dan data baru. Diagram kontrol hanya dengan titik observasi data baru ditampilkan pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Diagram Kendali 15 Kelompok Sampel sebagai Data Baru

Formula **detach(pistonrings)** harus digunakan ketika akan menggunakan data baru yang tidak berkaitan dengan proses sebelumnya.

2. Diagram Kontrol Atribut

Diagram kontrol pada pengendalian kualitas statistik berikutnya adalah diagram kontrol atribut. Data yang akan digunakan adalah data bawaan R, yang dapat diakses setelah mengaktifkan *package* **qcc**, yaitu data **orangejuice**.



orangejuice merupakan data dari proses pengemasan konsentrat jus jeruk yang beku ke dalam 6 ons kaleng. Kaleng dibentuk dalam sebuah mesin dengan memutar kaleng dari tempat persediaan dan melekatkan sebuah logam di bawah kaleng. Sebuah kaleng diperiksa untuk mengetahui apakah terjadi kebocoran jika diisi cairan. Jika bocor, maka kaleng dianggap tidak layak dan tidak sesuai untuk pengemasan. Data yang dikumpulkan sebanyak 30 sampel mempunyai 50 kaleng yang diambil pada interval 30 menit selama tiga periode mesin beroperasi. Sampel ke-10 merupakan setumpuk tempat persediaan kaleng baru yang masuk tanpa sengaja ke dalam produksi. Sampel ke-23 dihasilkan ketika operator ditugaskan untuk mesin. Setelah 30 sampel pertama, penyesuaian mesin dilakukan. Kemudian 24 sampel diambil lagi untuk proses lebih lanjut.

Data terdiri dari 54 observasi, 30 sampel pertama ditambah 24 sampel untuk proses lebih lanjut, dan 4 variabel. Keempat variabel tersebut adalah (1) **sample**, menunjukkan ID sampel, (2) **D**, menunjukkan jumlah cacat dari sekumpulan sampel, (3) **size**, ukuran sampel, dan (4) **trial**, menunjukkan trial sampel, TRUE untuk data 30 sampel pertama, FALSE untuk 24 sampel kedua.

Diagram kontrol yang akan dibuat adalah diagram kontrol p . Formula yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

```
>data(orangejuice)
>attach(orangejuice)
>head(orangejuice)
>qcc(D[trial], sizes=size[trial], type="p")
```

Argumen dalam *function qcc()* adalah data, ukuran sampel, dan tipe diagram yang akan dibuat. **[trial]** digunakan untuk menunjukkan bahwa data yang digunakan adalah 30 sampel pertama. *Output* yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 2.1, sedangkan diagram kontrol p ditampilkan pada Gambar 2.2.

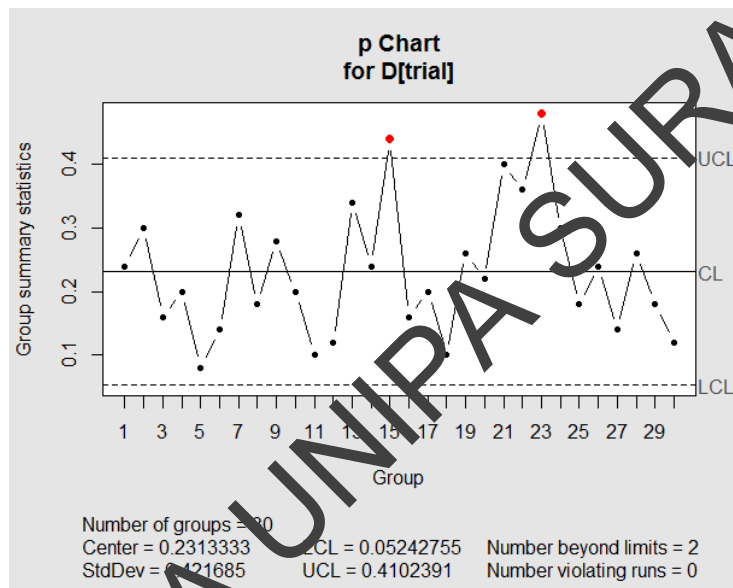


```

> data(orangejuice)
> attach(orangejuice)
> head(orangejuice)
  sample  D size trial
1      1  12   50  TRUE
2      2  15   50  TRUE
3      3   8   50  TRUE
4      4  10   50  TRUE
5      5   4   50  TRUE
6      6   7   50  TRUE
> qcc(D[trial], sizes=size[trial], type="p")
List of 11
 $ call      : language qcc(data = D[trial], type = "p", sizes = size[trial])
 $ type      : chr "p"
 $ data.name : chr "D[trial]"
 $ data      : int [1:30, 1] 12 15 8 10 4 7 16 9 14 10 ...
 .. attr(*, "dimnames")=List of 2
 $ statistics: Named num [1:30] 0.24 0.3 0.16 0.2 0.08 0.14 0.32 0.18 0.28 0.2 ...
 .. attr(*, "names")= chr [1:30] "1" "2" "3" "4" ...
 $ sizes     : int [1:30] 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 ...
 $ center    : num 0.231
 $ std.dev   : num 0.422
 $ nsigmas   : num 3
 $ limits    : num [1, 1:2] 0.0524 0.4102
 .. attr(*, "dimnames")=List of 2
 $ violations:List of 2
 - attr(*, "class")= chr "qcc"
> dim(orangejuice)
[1] 54 4

```

Gambar 2.1 Output Diagram Kontrol Atribut p Data orangejuice



Gambar 2.2 Diagram Kontrol Atribut p Data orangejuice

Gambar 2.2 menunjukkan bahwa terdapat 2 titik observasi yang berada diluar batas kendali atas (*Process out of control*). Titik observasi yang berada diluar batas kendali adalah titik ke-15 dan ke-23, dimana titik ke-15 merupakan persediaan baru tanpa proses mesin dan titik ke-23 merupakan sampel tanpa operator seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Untuk membuang titik ke-15 dan ke 23 dari diagram kontrol, formula yang digunakan adalah sebagai berikut.

```

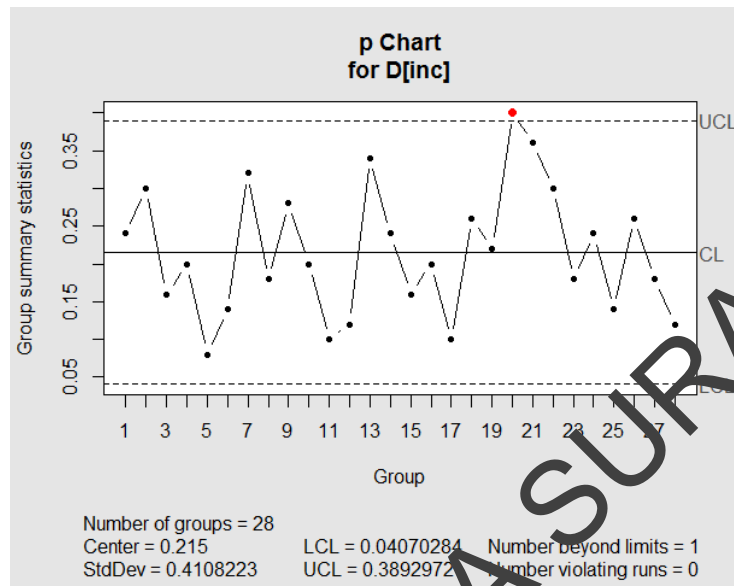
inc <- setdiff(which(trial), c(15,23)) #menghapus data observasi ke-15 dan 23
>q1 <- qcc(D[inc], sizes=size[inc], type="p") #membuat diagram kontrol p tanpa data ke-15 dan ke-23
>qcc(D[inc], sizes=size[inc], type="p", newdata=D[!trial], newsizes=size[!trial]) #membuat diagram kontrol dengan menambahkan data baru, data 24 sampel

```

Gambar 2.3 merupakan diagram kontrol p yang baru tanpa titik observasi ke-15 dan ke-23. Batas kendali atas dan bawah dihitung serta statistik deskriptif ulang

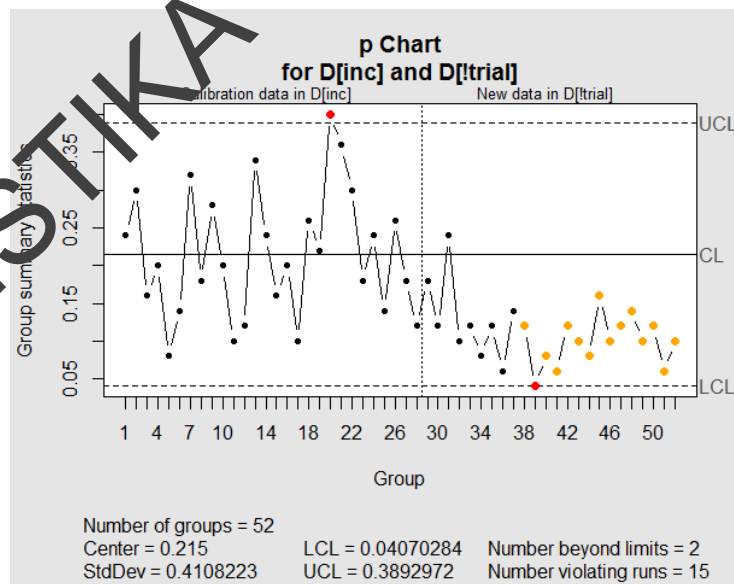


berdasarkan ketigapuluh data tanpa data ke-15 dan ke-23. Berdasarkan Gambar 2.3 diketahui bahwa meskipun data ke-15 dan ke-23 telah dibuang dari pengamatan, proses masih *out of control* karena dengan batas kendali yang baru, masih ada data observasi yang berada di luar batas kendali atas.



Gambar 2.3 Diagram Kontrol Atribut *p* Data **orangejuice** Tanpa Data ke-15 dan ke-23

Gambar 2.4 menunjukkan diagram kontrol dengan penambahan 24 data observasi baru. Berdasarkan Gambar 2.4 diketahui bahwa terdapat dua titik pengamatan yang berada diluar batas kendali atas dan bawah.



Gambar 2.4 Diagram Kontrol Atribut *p* Data **orangejuice** Tanpa Data ke-15 dan ke-23 dan Penambahan 24 Data Baru

Lakukan proses detach setelah proses analisis dihentikan.



>detach(orangejuice)

Diagram kontrol variabel dan atribut yang akan dibuat dibedakan dalam argumen **type** dalam formula **qcc()**. Tabel 2.1 merupakan tipe diagram yang harus diketahui dalam argumen **type**.

Tabel 2.1 Argumen Tipe Diagram Kendali dalam R

Tipe Diagram	Argumen di R	Keterangan
Diagram Kontrol Variabel		
Diagram kontrol \bar{X}	"xbar"	Rata-rata sampel diplot untuk mengendalikan tingkat rata-rata dari sebuah variabel proses kontinu
Diagram kontrol \bar{X}	"xbar.one"	Nilai sampel dari satu proses data waktu untuk mengendalikan tingkat rata-rata dari sebuah variabel proses kontinu
Diagram kontrol R	"R"	Jarak (range) sampel diplot untuk mengendalikan variabilitas dari sebuah variabel proses kontinu
Diagram kontrol S	"S"	Standar deviasi sampel diplot untuk mengendalikan variabilitas dari sebuah variabel proses kontinu
Diagram Kontrol Atribut		
Diagram kontrol p	"p"	Proporsi dari unit yang tidak sesuai diplot. Batas kendali berdasarkan distribusi binomial
Diagram kontrol np	"np"	Jumlah dari unit yang tidak sesuai diplot. Batas kendali berdasarkan distribusi binomial
Diagram kontrol c	"c"	Jumlah cacat dari setiap unit diplot. Diagram ini mengasumsikan bahwa cacat dari kualitas atribut jarang terjadi dan batas kendali dihitung berdasarkan distribusi Poisson
Diagram kontrol u	"u"	Rata-rata jumlah cacat dari setiap unit diplot. Distribusi poisson digunakan untuk menghitung batas kendali tapi tidak seperti diagram kontrol c , diagram kontrol u tidak butuh syarat jumlah tiap unit harus sama.

3. Diagram Cumulatif Sum (CUSUM)

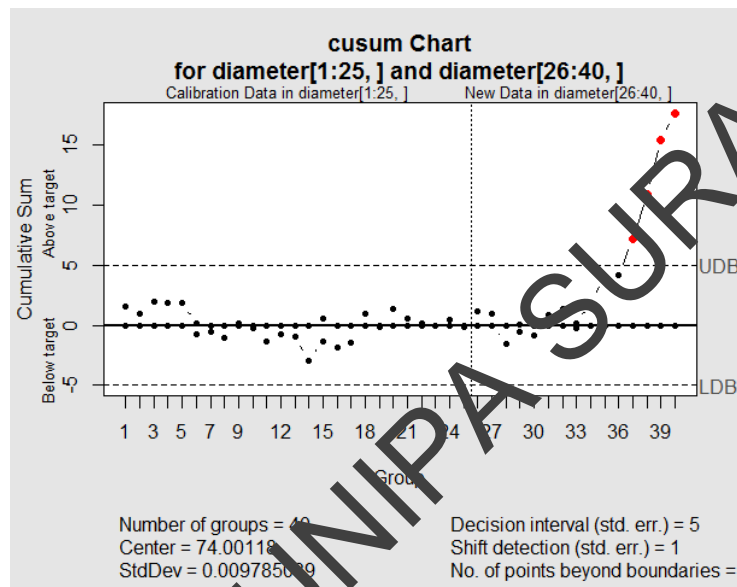
Diagram CUSUM digunakan untuk menampilkan ringkasan statistik jumlah kumulatif deviasi diatas atau dibawah nilai target. CUSUM menggabungkan informasi dari beberapa sampel sehingga berfungsi untuk mendeteksi variasi kecil dalam proses.



Pembuatan CUSUM dengan menggunakan R dilakukan dengan *function* `cusum()` yang dapat diakses setelah *package* `qcc` diaktifkan. Diagram CUSUM diimplementasikan pada *package* `qcc` hanya untuk variabel kontinu. Misalkan CUSUM dibuat pada proses analisis data `pistonrings` pada subbab 1. Formula yang digunakan untuk membuat diagram CUSUM adalah sebagai berikut.

```
>q=cusum(diameter[1:25,], newdata=diameter[26:40,])
>summary(q)
```

Diagram CUSUM ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram CUSUM Data pistonrings

Hasil ringkasan dengan *function* `summary()` menampilkan statistik deskriptif untuk fase I dan fase II. Hasil ringkasan ditampilkan oleh Gambar 3.2.

```
>q <- cusum(diameter[1:25,], newdata=diameter[26:40,])
>summary(q)

all:
cusum(data = diameter[1:25, ], newdata = diameter[26:40, ])

cusum chart for diameter[1:25, ]

Summary of group statistics:
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 73.99  74.00   74.00   74.00  74.00   74.01

Group sample size: 5
Number of groups: 25
Center of group statistics: 74.00118
Standard deviation: 0.009785039

Summary of group statistics in diameter[26:40, ]:
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 73.99  74.00   74.01   74.01  74.01   74.02

Group sample size: 5
Number of groups: 15

Decision interval (std. err.): 5
Shift detection (std. err.): 1
```

Gambar 3.2 Output Ringkasan CUSUM



Pada *function* **cusum()**, selain data, terdapat argumen **decision.interval** yang dapat digunakan untuk menentukan standar error (lihat Gambar 3.1), *default* bernilai 5.

STATISTIKA UNIPA SURABAYA



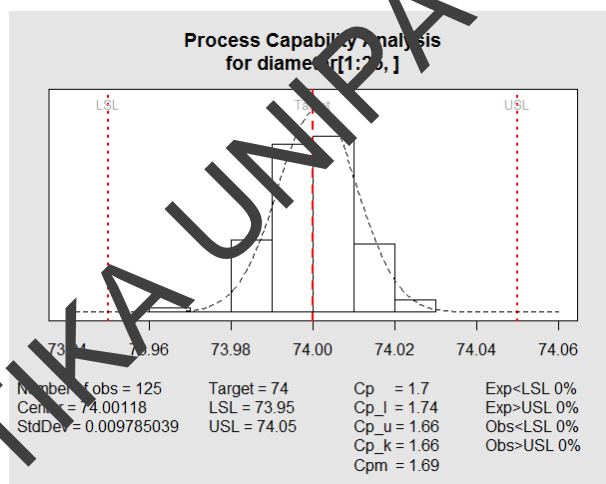
4. Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses menunjukkan sebuah karakteristik utama dari proses kontinu dan dapat dihitung melalui *function* `process.capability()`. Argumen dalam *function* tersebut adalah objek `qcc` tipe `xbar` atau `xbar.one` dan argumen `spec.limit` yang merupakan sebuah vector untuk spesifikasi batas atas dan batas bawah (UCL dan LCL).

Data yang digunakan adalah data `pistonrings` dimana proses pembuatan diagram kontrol dengan objek `qcc` telah dilakukan pada subbab 1. Objek `qcc` telah didefinisikan dengan nama `obj` (lihat subbab 1). Formula untuk melakukan kapabilitas proses adalah sebagai berikut.

```
>process.capability(obj,spec.limits = c(73.95,74.05))
```

Gambar 5.1 merupakan histogram data, dimana garis vertikal dengan titik-titik berwarna merah menunjukkan batas atas dan batas bawah, sedangkan nilai target ditunjukkan dengan garis vertikal merah dengan tanda `-`. Argumen `confidence.level` dapat ditambahkan ke dalam *function* untuk menentukan selang kepercayaan.



Gambar 5.1 Histogram Kapabilitas Proses

```
> process.capability(obj,spec.limits = c(73.95,74.05))
Process Capability Analysis
Call:
process.capability(object = obj, spec.limits = c(73.95, 74.05))

Number of obs = 125      Target = 74
Center = 74             LSL = 73.95
StdDev = 0.009785      USL = 74.05

Capability indices:

      Value  2.5%  97.5%
Cp    1.703  1.491  1.915
Cp_l  1.743  1.555  1.932
Cp_u  1.663  1.483  1.844
Cp_k  1.663  1.448  1.878
Cpm   1.691  1.480  1.902

Exp<LSL 0%      Obs<LSL 0%
Exp>USL 0%      Obs>USL 0%
```

Gambar 5.2 Output Kapabilitas Proses



5. Diagram Pareto

Diagram pareto adalah sebuah diagram batang dimana kategori adalah frekuensi dengan garis putus-putus menunjukkan jumlah kumulatifnya. Diagram pareto digunakan untuk mengidentifikasi faktor terbesar kumulatif penyebab cacat dalam sistem dan mengetahui faktor yang kurang signifikan dalam sebuah analisis. *Function* untuk membuat diagram pareto adalah **pareto.chart()**.

Berikut merupakan formula yang digunakan untuk membuat diagram pareto untuk mengetahui sebab ketidaksesuaian/cacat suatu proses.

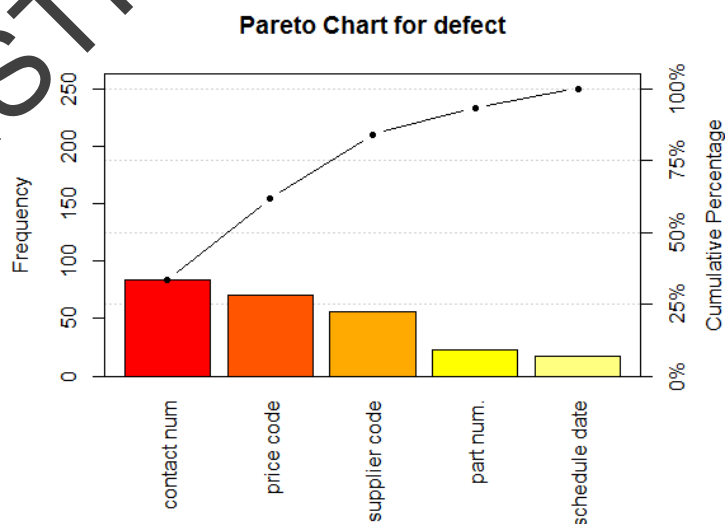
```
>defect=c(70, 17, 56, 84, 23) # jumlah cacat
>names(defect)=c("price code","schedule date", "supplier code", "contact num", "part num.")
#membuat nama variabel
>pareto.chart(defect)
```

Gambar 6.1 merupakan *output* yang dihasilkan dari *function* pareto. Pareto tersusun dari variabel dengan cacat tertinggi hingga cacat terendah Berdasarkan Gambar 6.1 dan Gambar 6.2 diketahui persentase cacat terendah adalah variabel schedule date.

```
> defect=c(70, 17, 56, 84, 23) # jumlah cacat
> names(defect)=c("price code","schedule date", "supplier code", "contact num", "part num.")
#membuat nama variabel
> pareto.chart(defect)

Pareto chart analysis for defect
Frequency Cum. Freq. Percentage Cum. Percent.
contact num      84      174      33.6      33.6
price code       70      244      28.0      61.6
supplier code    56      300      22.4      84.0
part num.        23      323      9.2      93.2
schedule date    17      340      6.8      100.0
```

Gambar 6.1 Output Pareto dalam Bentuk Tabel

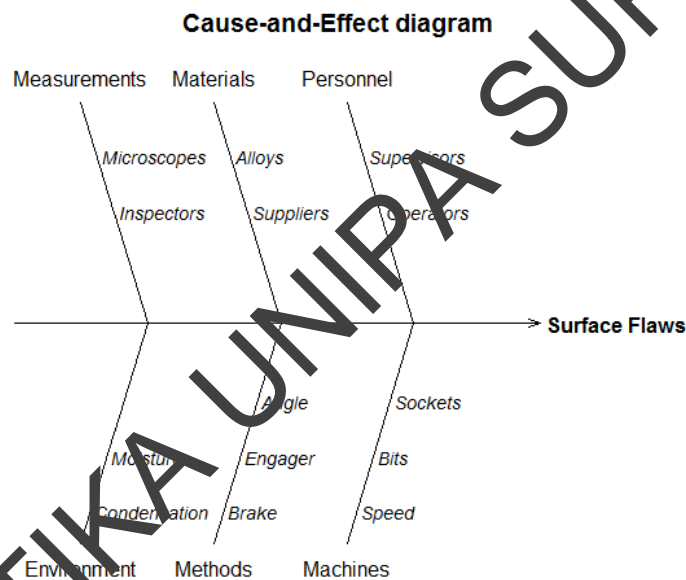


Gambar 6.2 Diagram Pareto

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

Diagram sebab akibat disebut juga diagram Ishikawa atau diagram tulang ikan, yang digunakan untuk mengumpulkan kemungkinan-kemungkinan penyebab dengan sebuah akibat. *Function* yang digunakan adalah **cause.and.effect()**, merupakan *function* bawaan setelah mengaktifkan *package qcc*. Untuk membuat diagram sebab akibat seperti Gambar 7.1, formula yang digunakan untuk membuat diagram sebab akibat adalah sebagai berikut.

```
>cause.and.effect(cause=list(Measurements=c("Microscopes","Inspectors"),Material=c("Alloys","Suppliers"),Personnel=c("Supervisors","Operators"),Environment=c("Condensation","Moisture"),Methods=c("Brake","Engager","Angle"),Machines=c("Speed","Bits","Sockets"),effect="Surface Flaws")
```



Gambar 7.1 Diagram Sebab Akibat

DAFTAR PUSTAKA

Help R

Scrucca, Luca. 2004. *qcc: An R package for quality control charting and statistical process control*. R News, Vol. 4/1, June 2004.

