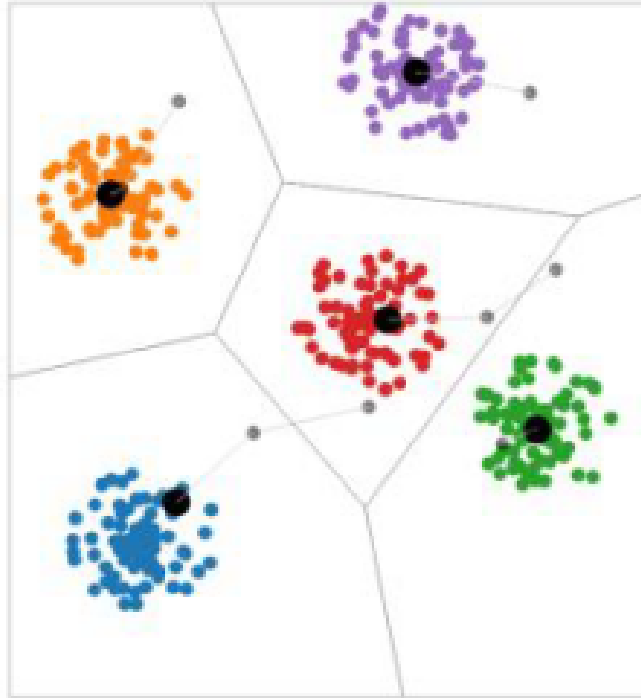
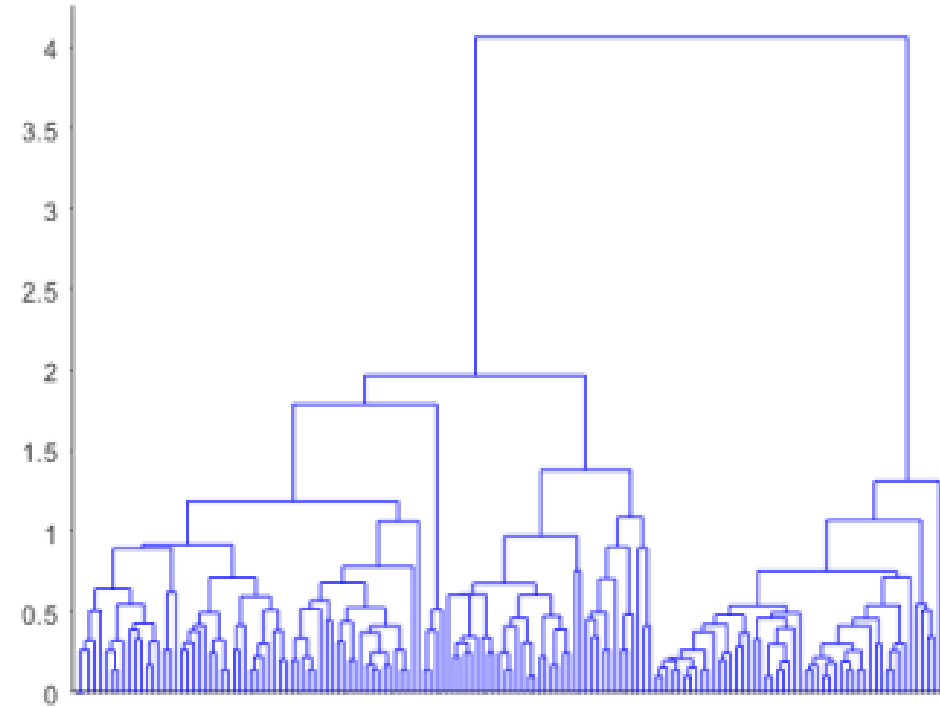


# Klastering (*Clustering*)

- **Cluster** data diartikan **kelompok**. Dengan demikian, pada dasarnya **analisis cluster** akan **menghasilkan sejumlah cluster** (kelompok).
- Analisis ini diawali dengan pemahaman bahwa sejumlah data tertentu sebenarnya mempunyai kemiripan di antara anggotanya.

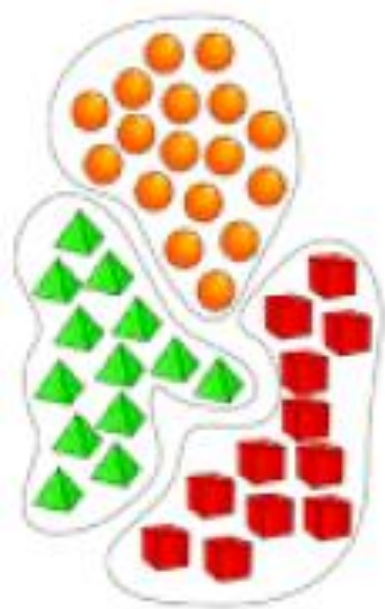


Non-hierarchical Clustering

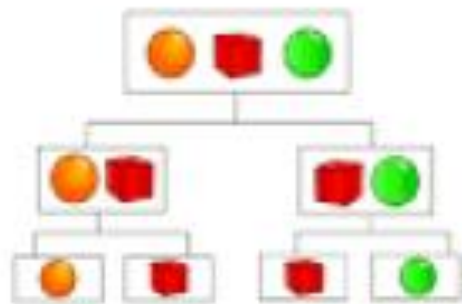


Hierarchical Clustering

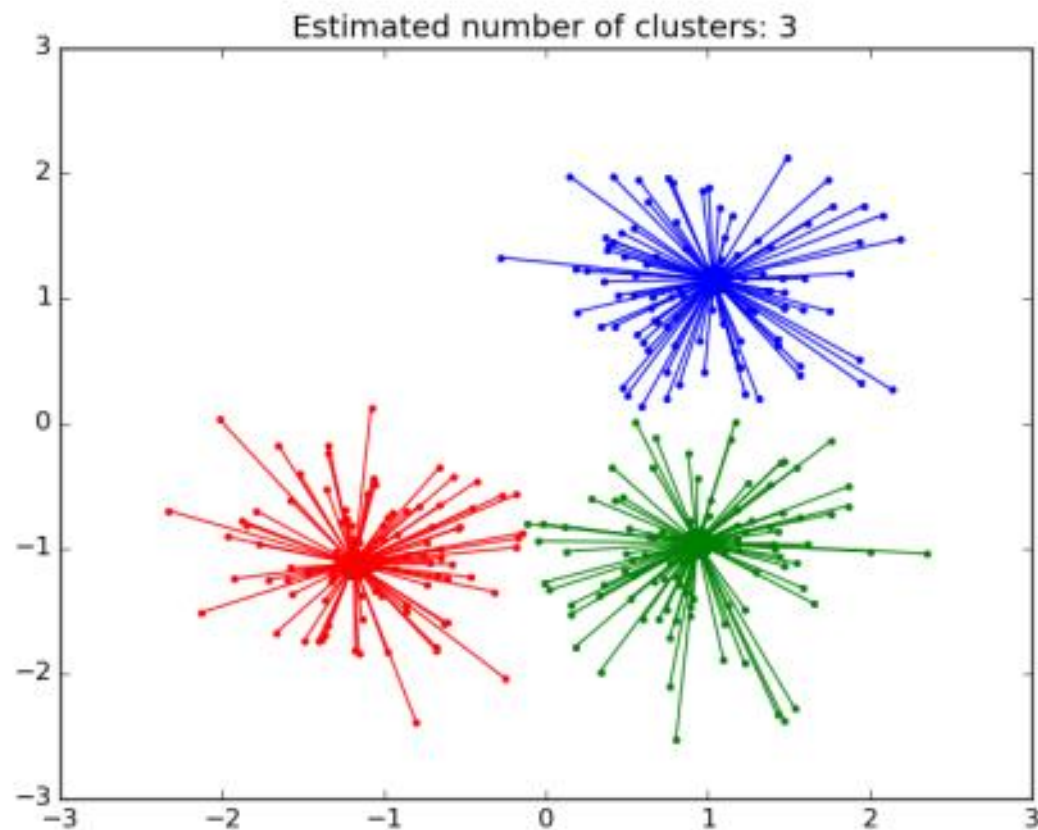
Non-Hierarchical Clustering



Hierarchical Clustering

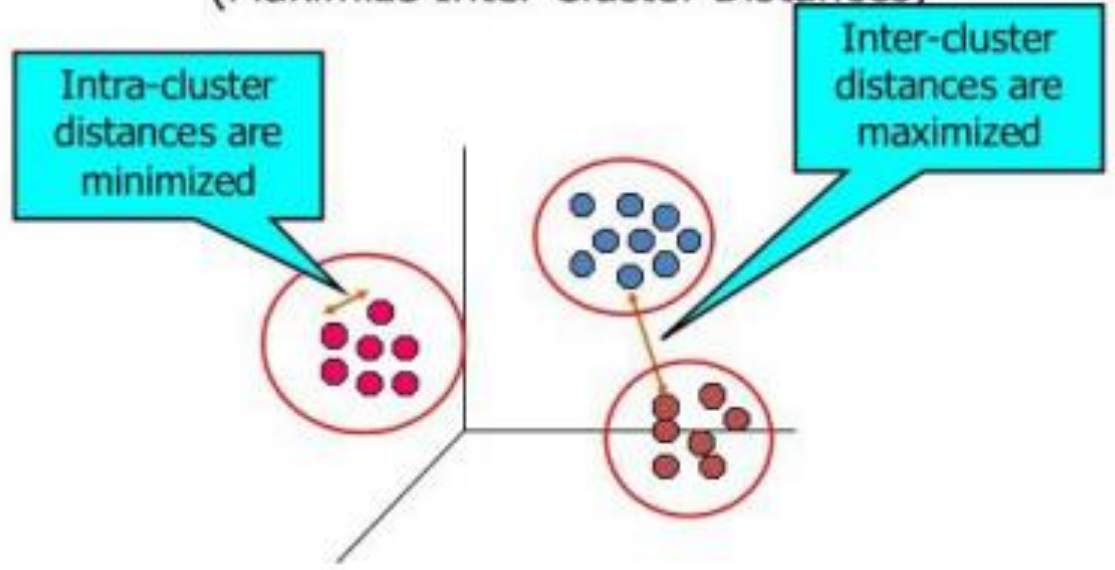


- Karena itu, dimungkinkan untuk mengelompokkan anggota-anggota yang mirip atau mempunyai karakteristik yang serupa tersebut dalam satu atau lebih dari satu cluster.
- Hierarchical clustering adalah suatu metode pengelompokan data yang dimulai dengan mengelompokkan dua atau lebih obyek yang memiliki kesamaan paling dekat.
- Metode non-hierarchical clustering justru dimulai dengan menentukan terlebih dahulu jumlah cluster yang diinginkan (dua cluster, tiga cluster, atau lain sebagainya). Contoh metodenya adalah k-means clustering.



## What is Good Clustering?

(Minimize Intra-Cluster Distances)  
(Maximize Inter-Cluster Distances)



# K-Means Clustering

- K-means clustering merupakan salah satu metode data clustering non-hirarki yang mengelompokkan data dalam bentuk satu atau lebih cluster (kelompok).
- Data-data yang memiliki **karakteristik** yang **sama** dikelompokkan dalam **satu cluster** (kelompok) dan data yang memiliki karakteristik yang **berbeda** dikelompokkan dengan **cluster** (kelompok) **yang lain** sehingga data yang berada dalam satu cluster (kelompok) memiliki tingkat variasi yang kecil

- K-means adalah algoritma ***unsupervised learning*** yang membagi kumpulan data ke dalam sejumlah *cluster* (kelompok).
- Akan tetapi k-means clustering memiliki kelemahan di dalam memproses data yang berdimensi banyak khususnya untuk data yang bersifat **non-linearly separable**.
- Sedangkan dalam dunia nyata saat ini, data yang tersedia atau yang diperoleh memiliki dimensi yang banyak dan bervariasi.

# Algoritma k-Means

1. Tentukan jumlah *cluster* k.
2. Inisialisasi k pusat cluster ini bisa dengan berbagai cara. Namun yang sering dilakukan adalah dengan cara random (acak).
3. Alokasikan semua data atau obyek ke cluster terdekat berdasarkan jarak kedua obyek tersebut (jarak Euclidean):

$$D(x_i, x_j) = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \dots + (x_{id} - x_{jd})^2}$$

4. Hitung pusat *cluster* dengan keanggotaan yang sekarang

$$C_{i1} = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} x_{j1} \dots\dots\dots C_{id} = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} x_{jd}$$

5. Jika pusat cluster tidak berubah lagi maka proses clustering selesai. Atau, kembali ke langkah nomor 3 sampai pusat cluster tidak berubah.



# Contoh

Diketahui angka Kemampuan Dasar Berhitung (KDB) dan angka Hasil Belajar (IPK) 15 mahasiswa seperti terlihat pada table. Mahasiswa-mahasiswa tersebut akan dikelompokkan berdasarkan Kemampuan Dasar Berhitung dan angka Hasil Belajar menjadi 3 kelompok. Lakukan pengelompokkan data berikut menggunakan metode k-means.

No	KDB ( $x_{ij}$ )	IPK ( $y_{ij}$ )
1	6,0	2,92
2	6,7	3,07
3	7,4	3,22
4	6,7	2,93
5	9,2	3,03
6	7,4	3,29
7	9,3	3,28
8	4,5	2,72
9	6,4	2,92
10	8,5	3,49
11	6,9	3,08
12	5,8	2,83
13	6,3	3,18
14	6,4	3,20
15	3,9	3,29

## Penyelesaian :

1. Misalkan data tersebut akan dikelompokkan dalam 3 kluster, artinya  $k = 3$ . Misalkan pusat kluster ditetapkan sebarang.

$$C_1 = (3,9 ; 2,7), C_2 = (6,6 ; 3,1) \text{ dan } C_3 = (9,3 ; 3,5).$$

1. Hitung jarak setiap data terhadap setiap pusat kluster.



Selanjutnya

$$C_1 = (3,9 ; 2,7)$$

■Jarak data dengan pusat klaster pertama  $C_1$

$$d_{i1} = \sqrt{(x_{i1} - 3,9)^2 + (y_{i1} - 2,7)^2}$$

No	$x_{i1}$	$y_{i1}$	$d_{i1}$
1	6,0	2,92	$\sqrt{(6 - 3,9)^2 + (2,92 - 2,7)^2} = 2,109$
2	6,7	3,07	$\sqrt{(6,7 - 3,9)^2 + (3,07 - 2,7)^2} = 2,821$
3	7,4	3,22	$\sqrt{(7,4 - 3,9)^2 + (3,22 - 2,7)^2} = 3,535$
4	6,7	2,93	$\sqrt{(6,7 - 3,9)^2 + (2,93 - 2,7)^2} = 2,807$
5	9,2	3,03	$\sqrt{(9,2 - 3,9)^2 + (3,03 - 2,7)^2} = 5,309$
6	7,4	3,29	$\sqrt{(7,4 - 3,9)^2 + (3,29 - 2,7)^2} = 3,546$
7	9,3	3,28	$\sqrt{(9,3 - 3,9)^2 + (3,28 - 2,7)^2} = 2,173$
8	4,5	2,72	$\sqrt{(4,5 - 3,9)^2 + (2,72 - 2,7)^2} = 0,600$
9	6,4	2,92	$\sqrt{(6,4 - 3,9)^2 + (2,92 - 2,7)^2} = 2,508$
10	8,5	3,49	$\sqrt{(8,5 - 3,9)^2 + (3,49 - 2,7)^2} = 4,664$
11	6,9	3,08	$\sqrt{(6,9 - 3,9)^2 + (3,08 - 2,7)^2} = 3,021$
12	5,8	2,83	$\sqrt{(5,8 - 3,9)^2 + (2,83 - 2,7)^2} = 1,903$
13	6,3	3,18	$\sqrt{(6,3 - 3,9)^2 + (3,18 - 2,7)^2} = 2,443$
14	6,4	3,20	$\sqrt{(6,4 - 3,9)^2 + (3,2 - 2,7)^2} = 2,545$
15	3,9	3,29	$\sqrt{(3,9 - 3,9)^2 + (3,29 - 2,7)^2} = 0,570$

$$C_2 = (6,6 ; 3,1)$$

■ Jarak data dengan pusat klaster kedua  $C_2$

$$d_{i2} = \sqrt{(x_{i2} - 6,6)^2 + (y_{i2} - 3,1)^2}$$

No	$x_{i1}$	$y_{i1}$	$d_{i1}$
1	6,0	2,92	$\sqrt{(6 - 6,6)^2 + (2,92 - 3,1)^2} = 0,627$
2	6,7	3,07	$\sqrt{(6,7 - 6,6)^2 + (3,07 - 3,1)^2} = 0,105$
3	7,4	3,22	$\sqrt{(7,4 - 6,6)^2 + (3,22 - 3,1)^2} = 0,808$
4	6,7	2,93	$\sqrt{(6,7 - 6,6)^2 + (2,93 - 3,1)^2} = 0,201$
5	9,2	3,03	$\sqrt{(9,2 - 6,6)^2 + (3,03 - 3,1)^2} = 2,601$
6	7,4	3,29	$\sqrt{(7,4 - 6,6)^2 + (3,29 - 3,1)^2} = 0,821$
7	9,3	3,28	$\sqrt{(9,3 - 6,6)^2 + (3,28 - 3,1)^2} = 0,625$
8	4,5	2,72	$\sqrt{(4,5 - 6,6)^2 + (2,72 - 3,1)^2} = 2,135$
9	6,4	2,92	$\sqrt{(6,4 - 6,6)^2 + (2,92 - 3,1)^2} = 0,272$
10	8,5	3,49	$\sqrt{(8,5 - 6,6)^2 + (3,49 - 3,1)^2} = 1,938$
11	6,9	3,08	$\sqrt{(6,9 - 6,6)^2 + (3,08 - 3,1)^2} = 0,301$
12	5,8	2,83	$\sqrt{(5,8 - 6,6)^2 + (2,83 - 3,1)^2} = 0,845$
13	6,3	3,18	$\sqrt{(6,3 - 6,6)^2 + (3,18 - 3,1)^2} = 0,309$
14	6,4	3,20	$\sqrt{(6,4 - 6,6)^2 + (3,2 - 3,1)^2} = 0,221$
15	3,9	3,29	$\sqrt{(3,9 - 6,6)^2 + (3,29 - 3,1)^2} = 2,706$

$$C_3 = (9,3 ; 3,5)$$

■ Jarak data dengan pusat klaster ketiga  $C_3$

$$d_{i3} = \sqrt{(x_{i3} - 9,3)^2 + (y_{i3} - 3,5)^2}$$

No	$x_{i1}$	$y_{i1}$	$d_{i1}$
1	6,0	2,92	$\sqrt{(6 - 9,3)^2 + (2,92 - 3,5)^2} = 3,348$
2	6,7	3,07	$\sqrt{(6,7 - 9,3)^2 + (3,07 - 3,5)^2} = 2,633$
3	7,4	3,22	$\sqrt{(7,4 - 9,3)^2 + (3,22 - 3,5)^2} = 1,919$
4	6,7	2,93	$\sqrt{(6,7 - 9,3)^2 + (2,93 - 3,5)^2} = 2,659$
5	9,2	3,03	$\sqrt{(9,2 - 9,3)^2 + (3,03 - 3,5)^2} = 0,470$
6	7,4	3,29	$\sqrt{(7,4 - 9,3)^2 + (3,29 - 3,5)^2} = 1,910$
7	9,3	3,28	$\sqrt{(9,3 - 9,3)^2 + (3,28 - 3,5)^2} = 3,306$
8	4,5	2,72	$\sqrt{(4,5 - 9,3)^2 + (2,72 - 3,5)^2} = 4,861$
9	6,4	2,92	$\sqrt{(6,4 - 9,3)^2 + (2,92 - 3,5)^2} = 2,955$
10	8,5	3,49	$\sqrt{(8,5 - 9,3)^2 + (3,49 - 3,5)^2} = 0,800$
11	6,9	3,08	$\sqrt{(6,9 - 9,3)^2 + (3,08 - 3,5)^2} = 2,434$
12	5,8	2,83	$\sqrt{(5,8 - 9,3)^2 + (2,83 - 3,5)^2} = 3,561$
13	6,3	3,18	$\sqrt{(6,3 - 9,3)^2 + (3,18 - 3,5)^2} = 3,016$
14	6,4	3,20	$\sqrt{(6,4 - 9,3)^2 + (3,2 - 3,5)^2} = 2,914$
15	3,9	3,29	$\sqrt{(3,9 - 9,3)^2 + (3,29 - 3,5)^2} = 5,403$

**3.** Suatu data akan menjadi anggota dari suatu klaster yang memiliki jarak terkecil dari pusat klasternya.

No	KDB ( $x_{ij}$ )	IPK ( $y_{ij}$ )	Jarak dengan C1	Jarak dengan C2	Jarak dengan C3
1	6,0	2,92	2,109	0,627	3,348
2	6,7	3,07	2,821	0,105	2,633
3	7,4	3,22	3,535	0,808	1,919
4	6,7	2,93	2,807	0,201	2,659
5	9,2	3,03	5,309	2,601	0,470
6	7,4	3,29	3,546	0,821	1,910
7	9,3	3,28	2,173	0,625	3,306
8	4,5	2,72	0,600	2,135	4,861
9	6,4	2,92	2,508	0,272	2,955
10	8,5	3,49	4,664	1,938	0,800
11	6,9	3,08	3,021	0,301	2,434
12	5,8	2,83	1,903	0,845	3,561
13	6,3	3,18	2,443	0,309	3,016
14	6,4	3,20	2,545	0,221	2,914
15	3,9	3,29	0,570	2,706	5,403

Didapat 3 klaster dengan  
2 data tergolong klaster 1,  
11 data tergolong klaster 2, dan  
2 data tergolong klaster 3.

#### 4. Menghitung pusat kluster yang baru dengan menggunakan mean dari data tiap kluster.

##### ▪ Pusat Kluster 1

$$x = \frac{4,5+3,9}{2} = 4,2 \text{ dan } y = \frac{2,72+3,29}{2} = 3 \text{ sehingga } C_1 = (4,2 ; 3)$$

##### ▪ Pusat Kluster 2

$$x = \frac{6,0+6,7+7,4+6,7+7,4+6,4+9,3+6,9+5,8+6,3+6,4}{11} = 6,85$$

$$y = \frac{2,92+3,07+3,22+2,93+3,29+3,28+2,92+3,08+2,83+3,18+3,20}{11} = 3,08 \text{ sehingga } C_2 = (6,85 ; 3,08)$$

##### ▪ Pusat kluster 3

$$x = \frac{9,2+8,5}{2} = 8,85 \text{ dan } y = \frac{3,03+3,49}{2} = 3,26 \text{ sehingga } C_3 = (8,85 ; 3,26)$$

5. Hitung Jarak data dengan Pusat Kluster

$C_1 = (4,2 ; 3)$

■Jarak data dengan pusat kluster pertama  $C_1$

$d_{i1} = \sqrt{(x_{i1} - 4,2)^2 + (y_{i1} - 3)^2}$

No	$x_{i1}$	$y_{i1}$	$d_{i1}$
1	6,0	2,92	$\sqrt{(6 - 4,2)^2 + (2,92 - 3)^2} = 1,802$
2	6,7	3,07	$\sqrt{(6,7 - 4,2)^2 + (3,07 - 3)^2} = 2,501$
3	7,4	3,22	$\sqrt{(7,4 - 4,2)^2 + (3,22 - 3)^2} = 3,208$
4	6,7	2,93	$\sqrt{(6,7 - 4,2)^2 + (2,93 - 3)^2} = 2,501$
5	9,2	3,03	$\sqrt{(9,2 - 4,2)^2 + (3,03 - 3)^2} = 5,00$
6	7,4	3,29	$\sqrt{(7,4 - 4,2)^2 + (3,29 - 3)^2} = 3,213$
7	9,3	3,28	$\sqrt{(9,3 - 4,2)^2 + (3,28 - 3)^2} = 5,108$
8	4,5	2,72	$\sqrt{(4,5 - 4,2)^2 + (2,72 - 3)^2} = 0,410$
9	6,4	2,92	$\sqrt{(6,4 - 4,2)^2 + (2,92 - 3)^2} = 2,201$
10	8,5	3,49	$\sqrt{(8,5 - 4,2)^2 + (3,49 - 3)^2} = 4,328$
11	6,9	3,08	$\sqrt{(6,9 - 4,2)^2 + (3,08 - 3)^2} = 2,701$
12	5,8	2,83	$\sqrt{(5,8 - 4,2)^2 + (2,83 - 3)^2} = 1,609$
13	6,3	3,18	$\sqrt{(6,3 - 4,2)^2 + (3,18 - 3)^2} = 2,108$
14	6,4	3,20	$\sqrt{(6,4 - 4,2)^2 + (3,2 - 3)^2} = 2,209$
15	3,9	3,29	$\sqrt{(3,9 - 4,2)^2 + (3,29 - 3)^2} = 0,417$



$$C_2 = (6,85 ; 3,08)$$

■Jarak data dengan pusat klaster kedua  $C_2$

$$d_{i2} = \sqrt{(x_{i2} - 6,85)^2 + (y_{i2} - 3,08)^2}$$


No	$x_{i1}$	$y_{i1}$	$d_{i1}$
1	6,0	2,92	$\sqrt{(6 - 6,85)^2 + (2,92 - 3,08)^2} = 0,876$
2	6,7	3,07	$\sqrt{(6,7 - 6,85)^2 + (3,07 - 3,08)^2} = 0,150$
3	7,4	3,22	$\sqrt{(7,4 - 6,85)^2 + (3,22 - 3,08)^2} = 0,5696$
4	6,7	2,93	$\sqrt{(6,7 - 6,85)^2 + (2,93 - 3,08)^2} = 0,173$
5	9,2	3,03	$\sqrt{(9,2 - 6,85)^2 + (3,03 - 3,08)^2} = 2,353$
6	7,4	3,29	$\sqrt{(7,4 - 6,85)^2 + (3,29 - 3,08)^2} = 0,594$
7	9,3	3,28	$\sqrt{(9,3 - 6,85)^2 + (3,28 - 3,08)^2} = 2,49$
8	4,5	2,72	$\sqrt{(4,5 - 6,85)^2 + (2,72 - 3,08)^2} = 2,4796$
9	6,4	2,92	$\sqrt{(6,4 - 6,85)^2 + (2,92 - 3,08)^2} = 0,4756$
10	8,5	3,49	$\sqrt{(8,5 - 6,85)^2 + (3,49 - 3,08)^2} = 1,818$
11	6,9	3,08	$\sqrt{(6,9 - 6,85)^2 + (3,08 - 3,08)^2} = 0,05$
12	5,8	2,83	$\sqrt{(5,8 - 6,85)^2 + (2,83 - 3,08)^2} = 1,1125$
13	6,3	3,18	$\sqrt{(6,3 - 6,85)^2 + (3,18 - 3,08)^2} = 0,56$
14	6,4	3,20	$\sqrt{(6,4 - 6,85)^2 + (3,2 - 3,08)^2} = 0,464$
15	3,9	3,29	$\sqrt{(3,9 - 6,85)^2 + (3,29 - 3,08)^2} = 2,9941$

$$C_3 = (8,85 ; 3,26)$$

■ Jarak data dengan pusat kluster ketiga  $C_3$

$$d_{i3} = \sqrt{(x_{i3} - 8,85)^2 + (y_{i3} - 3,26)^2}$$

No	$x_{i1}$	$y_{i1}$	$d_{i1}$
1	6,0	2,92	$\sqrt{(6 - 8,85)^2 + (2,92 - 3,26)^2} = 2,870$
2	6,7	3,07	$\sqrt{(6,7 - 8,85)^2 + (3,07 - 3,26)^2} = 2,158$
3	7,4	3,22	$\sqrt{(7,4 - 8,85)^2 + (3,22 - 3,26)^2} = 1,451$
4	6,7	2,93	$\sqrt{(6,7 - 8,85)^2 + (2,93 - 3,26)^2} = 2,175$
5	9,2	3,03	$\sqrt{(9,2 - 8,85)^2 + (3,03 - 3,26)^2} = 0,419$
6	7,4	3,29	$\sqrt{(7,4 - 8,85)^2 + (3,29 - 3,26)^2} = 1,450$
7	9,3	3,28	$\sqrt{(9,3 - 8,85)^2 + (3,28 - 3,26)^2} = 0,450$
8	4,5	2,72	$\sqrt{(4,5 - 8,85)^2 + (2,72 - 3,26)^2} = 4,383$
9	6,4	2,92	$\sqrt{(6,4 - 8,85)^2 + (2,92 - 3,26)^2} = 2,438$
10	8,5	3,49	$\sqrt{(8,5 - 8,85)^2 + (3,49 - 3,26)^2} = 0,419$
11	6,9	3,08	$\sqrt{(6,9 - 8,85)^2 + (3,08 - 3,26)^2} = 1,958$
12	5,8	2,83	$\sqrt{(5,8 - 8,85)^2 + (2,83 - 3,26)^2} = 3,080$
13	6,3	3,18	$\sqrt{(6,3 - 8,85)^2 + (3,18 - 3,26)^2} = 2,552$
14	6,4	3,20	$\sqrt{(6,4 - 8,85)^2 + (3,2 - 3,26)^2} = 2,451$
15	3,9	3,29	$\sqrt{(3,9 - 8,85)^2 + (3,29 - 3,26)^2} = 4,950$

No	KDB ( $x_{ij}$ )	IPK ( $y_{ij}$ )	Jarak dengan C1	Jarak dengan C2	Jarak dengan C3
1	6,0	2,92	1,802	0,876	2,870
2	6,7	3,07	2,501	0,150	2,158
3	7,4	3,22	3,208	0,5696	1,451
4	6,7	2,93	2,501	0,173	2,175
5	9,2	3,03	5,00	2,353	0,419
6	7,4	3,29	3,213	0,594	1,450
7	9,3	3,28	5,108	2,49 	0,450
8	4,5	2,72	0,410	2,4796	4,383
9	6,4	2,92	2,201	0,4756	2,438
10	8,5	3,49	4,328	1,818	0,419
11	6,9	3,08	2,701	0,05	1,958
12	5,8	2,83	1,609	1,1125	3,080
13	6,3	3,18	2,108	0,56	2,552
14	6,4	3,20	2,209	0,464	2,451
15	3,9	3,29	0,417	2,9941	4,950

Didapat 3 kluster dengan

2 data tergolong kluster 1,

10 data tergolong kluster 2, dan

3 data tergolong kluster 3.

Masih ada perubahan

## 7. Menghitung pusat klaster yang baru dengan menggunakan mean dari data tiap klaster.

### ▪ Pusat Klaster 1

$$x = \frac{4,5+3,9}{2} = 4,2 \text{ dan } y = \frac{2,72+3,29}{2} = 3 \text{ sehingga } C_1 = (4,2 ; 3)$$

### ▪ Pusat Klaster 2

$$x = \frac{6,0+6,7+7,4+6,7+7,4+6,4+6,9+5,8+6,3+6,4}{10} = 6,6$$

$$y = \frac{2,92+3,07+3,22+2,93+3,29+2,92+3,08+2,83+3,18+3,20}{10} = 3,06 \text{ sehingga } C_2 = (6,6 ; 3,06)$$

### ▪ Pusat klaster 3

$$x = \frac{9,2+9,3+8,5}{3} = 9 \text{ dan } y = \frac{3,03+3,28+3,49}{3} = 3,26 \text{ sehingga } C_3 = (9 ; 3,26)$$

# 8. Hitung Jarak data dengan Pusat Kluster

▪Jarak data dengan pusat kluster pertama  $C_1$

$$d_{i1} = \sqrt{(x_{i1} - 4,2)^2 + (y_{i1} - 3)^2}$$

No	$x_{i1}$	$y_{i1}$	$d_{i1}$
1	6,0	2,92	$\sqrt{(6 - 4,2)^2 + (2,92 - 3)^2} = 1,802$
2	6,7	3,07	$\sqrt{(6,7 - 4,2)^2 + (3,07 - 3)^2} = 2,501$
3	7,4	3,22	$\sqrt{(7,4 - 4,2)^2 + (3,22 - 3)^2} = 3,208$
4	6,7	2,93	$\sqrt{(6,7 - 4,2)^2 + (2,93 - 3)^2} = 2,501$
5	9,2	3,03	$\sqrt{(9,2 - 4,2)^2 + (3,03 - 3)^2} = 5,00$
6	7,4	3,29	$\sqrt{(7,4 - 4,2)^2 + (3,29 - 3)^2} = 3,213$
7	9,3	3,28	$\sqrt{(9,3 - 4,2)^2 + (3,28 - 3)^2} = 5,108$
8	4,5	2,72	$\sqrt{(4,5 - 4,2)^2 + (2,72 - 3)^2} = 0,410$
9	6,4	2,92	$\sqrt{(6,4 - 4,2)^2 + (2,92 - 3)^2} = 2,201$
10	8,5	3,49	$\sqrt{(8,5 - 4,2)^2 + (3,49 - 3)^2} = 4,328$
11	6,9	3,08	$\sqrt{(6,9 - 4,2)^2 + (3,08 - 3)^2} = 2,701$
12	5,8	2,83	$\sqrt{(5,8 - 4,2)^2 + (2,83 - 3)^2} = 1,609$
13	6,3	3,18	$\sqrt{(6,3 - 4,2)^2 + (3,18 - 3)^2} = 2,108$
14	6,4	3,20	$\sqrt{(6,4 - 4,2)^2 + (3,2 - 3)^2} = 2,209$
15	3,9	3,29	$\sqrt{(3,9 - 4,2)^2 + (3,29 - 3)^2} = 0,417$

■ Jarak data dengan pusat kluster kedua  $C_2$

$$d_{i2} = \sqrt{(x_{i2} - 6,6)^2 + (y_{i2} - 3,06)^2}$$

No	$x_{i1}$	$y_{i1}$	$d_{i1}$
1	6,0	2,92	0,616
2	6,7	3,07	0,1414
3	7,4	3,22	0,9465
4	6,7	2,93	0,1169
5	9,2	3,03	2,599
6	7,4	3,29	0,8306
7	9,3	3,28	2,7088
8	4,5	2,72	2,1260
9	6,4	2,92	0,2441
10	8,5	3,49	1,9480
11	6,9	3,08	0,3007
12	5,8	2,83	0,8324
13	6,3	3,18	0,1044
14	6,4	3,20	0,2441
15	3,9	3,29	2,7098

■ Jarak data dengan pusat kluster ketiga  $C_3$

$$d_{i3} = \sqrt{(x_{i3} - 9)^2 + (y_{i3} - 3,26)^2}$$

No	$x_{i1}$	$y_{i1}$	$d_{i1}$
1	6,0	2,92	3,0192
2	6,7	3,07	2,3078
3	7,4	3,22	1,6004
4	6,7	2,93	2,3235
5	9,2	3,03	0,3047
6	7,4	3,29	1,6003
7	9,3	3,28	0,3006
8	4,5	2,72	4,7916
9	6,4	2,92	2,6221
10	8,5	3,49	0,5503
11	6,9	3,08	2,1077
12	5,8	2,83	3,2287
13	6,3	3,18	2,701
14	6,4	3,20	2,6006
15	3,9	3,29	5,1001

No	KDB ( $x_{ij}$ )	IPK ( $y_{ij}$ )	Jarak dengan C1	Jarak dengan C2	Jarak dengan C3
1	6,0	2,92	1,802	0,616	3,0192
2	6,7	3,07	2,501	0,1414	2,3078
3	7,4	3,22	3,208	0,9465	1,6004
4	6,7	2,93	2,501	0,1169	2,3235
5	9,2	3,03	5,00	2,599	0,3047
6	7,4	3,29	3,213	0,8306	1,6003
7	9,3	3,28	5,108	2,7088	0,3006
8	4,5	2,72	0,410	2,1260	4,7916
9	6,4	2,92	2,201	0,2441	2,6221
10	8,5	3,49	4,328	1,9480	0,5503
11	6,9	3,08	2,701	0,3007	2,1077
12	5,8	2,83	1,609	0,8324	3,2287
13	6,3	3,18	2,108	0,1044	2,701
14	6,4	3,20	2,209	0,2441	2,6006
15	3,9	3,29	0,417	2,7098	5,1001

Didapat 3 klaster  
 dengan  
 2 data tergolong  
 klaster 1,  
 10 data  
 tergolong klaster 2,  
 dan  
 3 data tergolong  
 klaster 3.



# Kesimpulan

- Ada 2 mahasiswa yang termasuk kategori rendah yaitu mahasiswa no 8 dan 15
- Ada 10 mahasiswa yang termasuk kategori sedang yaitu mahasiswa dengan nomor 1,2,3,4,6,9,11,12
- Ada 3 mahasiswa yang termasuk kategori tinggi yaitu mahasiswa dengannomor 5,7,8 dan 10