

DATA MINING

3 SKS | Semester 6 | S1 Sistem Informasi

Pertemuan 9

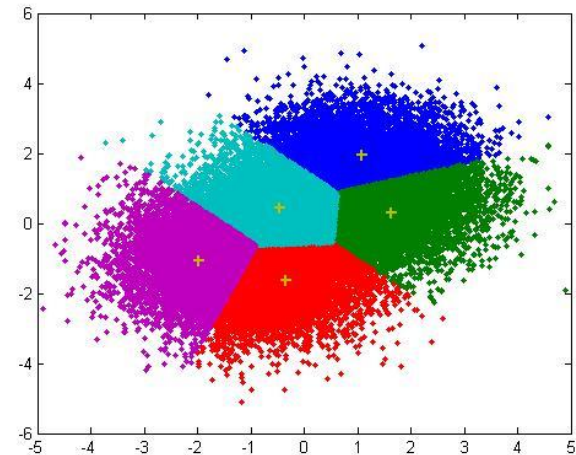
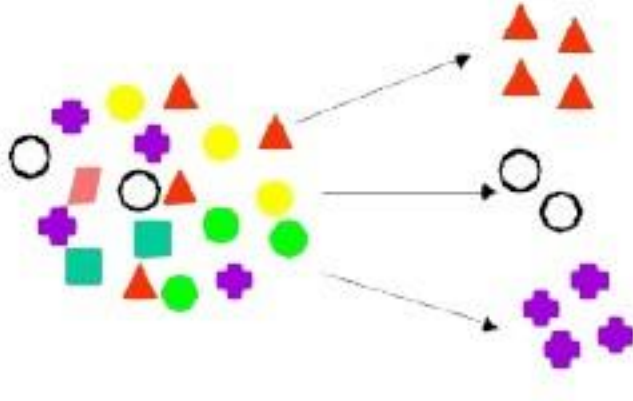


Nizar Rabbi Radliya
nizar.radliya@yahoo.com

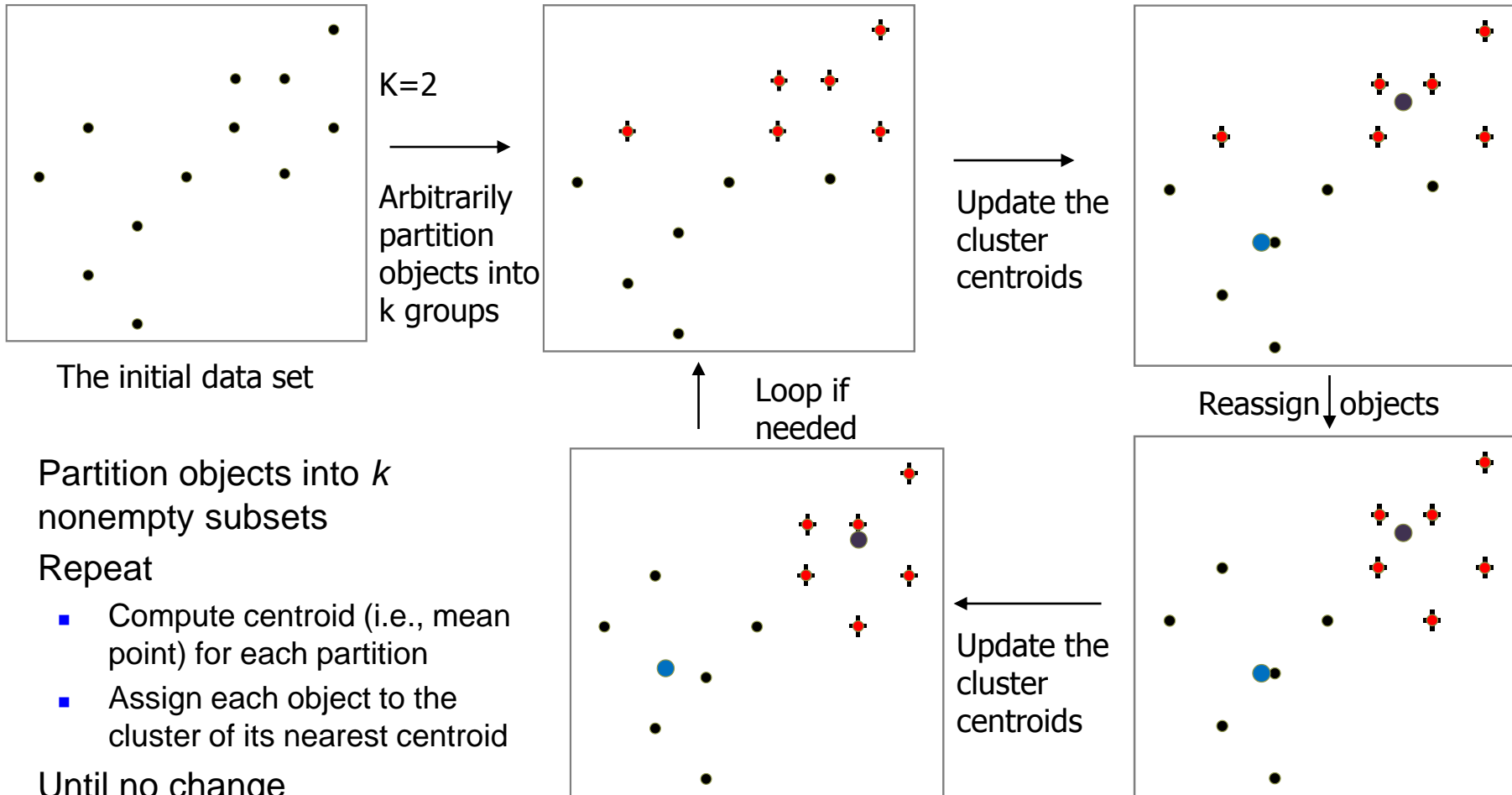


Clustering – Data Mining

Penklusteran (clustering) digunakan untuk melakukan pengelompokan data-data ke dalam sejumlah kelompok (cluster) berdasarkan karakteristik masing-masing data pada kelompok-kelompok yang ada.



Clustering – Data Mining



Algoritma K-Means

- ✓ *Metode pengelompokan data partitioning (non hierarki).*
- ✓ *Data berkarakteristik sama dimasukkan ke dalam satu kelompok.*
- ✓ *Meminimalkan variasi dalam satu kelompok dan memaksimalkan variasi antar kelompok.*

Tahapan Pengelompokan dengan K-Means

1. Tentukan jumlah kelompok (K) dan nilai ambang batas atau *threshold* (T)
2. Alokasikan data ke dalam kelompok secara acak
3. Hitung pusat kelompok atau centroid (C) untuk setiap kelompok
4. Alokasikan semua data ke centroid terdekat
5. Kembali ke langkah 3 (iterasi), apabila masih ada:
 - data yang berpindah kelompok,
 - atau ada perubahan nilai centroid di atas nilai ambang yang ditentukan,
 - atau ada perubahan nilai pada fungsi objektif yang digunakan (di atas nilai ambang yang ditentukan).

Formula yang Digunakan pada Algoritma K-Means

Formula untuk menghitung centroid:

$$C_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M x_j$$

Formula untuk menghitung jarak data dengan centroid:

$$D(x,y) = \sqrt{\sum_{j=1}^n |x - y|^2} \quad \dots \text{ Jarak Euclidean}$$

$$D(x,y) = \sum_{j=1}^n |x - y| \quad \dots \text{ Jarak Manhattan/City Block}$$

$$D(x,y) = \max (|x - y|) \quad \dots \text{ Jarak Chebyshev}$$

Formula untuk menghitung fungsi objektif:

$$J = \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^K a_{ic} D(x_i, C_l)^2$$

Contoh Kasus

Data training (data latih): Pengelompokan data dua dimensi

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------|---------|---------|
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 4 | 1 |
| 3 | 6 | 1 |
| 4 | 1 | 2 |
| 5 | 2 | 3 |
| 6 | 5 | 3 |
| 7 | 2 | 5 |
| 8 | 3 | 5 |
| 9 | 2 | 6 |
| 10 | 3 | 8 |

Langkah 1: menentukan jumlah kelompok (K), K = 3

Ambang batas atau *threshold* (T) yang akan digunakan untuk perubahan fungsi objektif adalah 0.1

Fungsi Objektif (J) awal = 0

Contoh Kasus

Langkah 2: Alokasikan data ke dalam kelompok secara acak

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | Kelompok 1 | Kelompok 2 | Kelompok 3 |
|-----------|---------|---------|------------|------------|------------|
| 1 | 1 | 1 | * | | |
| 2 | 4 | 1 | | | * |
| 3 | 6 | 1 | | * | |
| 4 | 1 | 2 | | * | |
| 5 | 2 | 3 | | | * |
| 6 | 5 | 3 | | * | |
| 7 | 2 | 5 | | * | |
| 8 | 3 | 5 | | | * |
| 9 | 2 | 6 | | | * |
| 10 | 3 | 8 | | * | |

Contoh Kasus

Langkah 3: Hitung pusat kelompok atau centroid (C) untuk setiap kelompok

Centroid untuk kelompok 1:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 1 | 1 | 1 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 1 | 1 | 1 |
| Rata-rata | 1 | 1 |

Centroid untuk kelompok 2:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 3 | 6 | 1 |
| 4 | 1 | 2 |
| 6 | 5 | 3 |
| 7 | 2 | 5 |
| 10 | 3 | 8 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 5 | 17 | 19 |
| Rata-rata | 3.400 | 3.800 |

Contoh Kasus

Langkah 3: Hitung pusat kelompok atau centroid (C) untuk setiap kelompok

Centroid untuk kelompok 3:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 2 | 4 | 1 |
| 5 | 2 | 3 |
| 8 | 3 | 5 |
| 9 | 2 | 6 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 4 | 11 | 15 |
| Rata-rata | 2.750 | 3.750 |

Centroid pertama untuk setiap kelompok:

| Kelompok | Fitur x | Fitur y |
|----------|---------|---------|
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 3.400 | 3.800 |
| 3 | 2.750 | 3.750 |

Contoh Kasus

Menghitung fungsi objektif baru

Jarak data ke centroid pertama (menggunakan jarak *euclidean*):

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | K 1 | K 2 | K 3 | K |
|-----------|---------|---------|----------------------------------|--------|-------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | | | 1 |
| 2 | 4 | 1 | | | 3.021 | 3 |
| 3 | 6 | 1 | | 3.821 | | 2 |
| 4 | 1 | 2 | | 3.000 | | 2 |
| 5 | 2 | 3 | | | 1.061 | 3 |
| 6 | 5 | 3 | | 1.789 | | 2 |
| 7 | 2 | 5 | | 1.844 | | 2 |
| 8 | 3 | 5 | | | 1.275 | 3 |
| 9 | 2 | 6 | | | 2.372 | 3 |
| 10 | 3 | 8 | | 4.219 | | 2 |
| | | | 0 | 14.673 | 7.728 | 22.401 |
| | | | Perubahan Fungsi Objektif | | | 22.401 |

Contoh Kasus

Menghitung perubahan fungsi objektif

Fungsi Objektif (J) lama/sebelumnya = 0

Fungsi Objektif (J) baru/sekarang = $0 + 14.673 + 7.728 = 22.401$

Perubahan Fungsi Objektif = $| J \text{ baru} - J \text{ lama} |$
= $| 22.401 - 0 | = 22.401$

Perubahan masih di atas ambang batas atau threshold (T); >0.1 , artinya pencarian centroid masih terus dilakukan.

Contoh Kasus

Langkah 4: Alokasikan semua data ke centroid terdekat
(menggunakan jarak *euclidean*)

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | K 1 | K 2 | K 3 | Terdekat | K Baru | K Lama |
|-----------|---------|---------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 3.688 | 3.260 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 4 | 1 | 3 | 2.864 | 3.021 | 2.864 | 2 | 3 |
| 3 | 6 | 1 | 5 | 3.821 | 4.257 | 3.821 | 2 | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2.475 | 1 | 1 | 2 |
| 5 | 2 | 3 | 2.236 | 1.612 | 1.061 | 1.061 | 3 | 3 |
| 6 | 5 | 3 | 4.472 | 1.789 | 2.372 | 1.789 | 2 | 2 |
| 7 | 2 | 5 | 4.123 | 1.844 | 1.458 | 1.458 | 3 | 2 |
| 8 | 3 | 5 | 4.472 | 1.265 | 1.275 | 1.265 | 2 | 3 |
| 9 | 2 | 6 | 5.099 | 2.608 | 2.372 | 2.372 | 3 | 3 |
| 10 | 3 | 8 | 7.280 | 4.219 | 4.257 | 4.219 | 2 | 2 |

Masih terdapat data yang berpindah kelompok, artinya masih perlu dilakukan pencarian centroid baru (kembali ke langkah 3).

Contoh Kasus

Langkah 4: Alokasikan semua data ke centroid terdekat

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | Kelompok 1 | Kelompok 2 | Kelompok 3 |
|-----------|---------|---------|------------|------------|------------|
| 1 | 1 | 1 | * | | |
| 2 | 4 | 1 | | * | |
| 3 | 6 | 1 | | * | |
| 4 | 1 | 2 | * | | |
| 5 | 2 | 3 | | | * |
| 6 | 5 | 3 | | * | |
| 7 | 2 | 5 | | | * |
| 8 | 3 | 5 | | * | |
| 9 | 2 | 6 | | | * |
| 10 | 3 | 8 | | * | |

Masih terdapat data yang berpindah kelompok, artinya masih perlu dilakukan pencarian centroid baru (kembali ke langkah 3).

Contoh Kasus

Iterasi - 1

Langkah 3: Hitung pusat kelompok atau centroid (C) untuk setiap kelompok

Centroid untuk kelompok 1:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 2 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 2 | 2 | 3 |
| Rata-rata | 1 | 1.500 |

Centroid untuk kelompok 2:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 2 | 4 | 1 |
| 3 | 6 | 1 |
| 6 | 5 | 3 |
| 8 | 3 | 5 |
| 10 | 3 | 8 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 5 | 21 | 18 |
| Rata-rata | 4.200 | 3.600 |

Contoh Kasus

Iterasi - 1

Langkah 3: Hitung pusat kelompok atau centroid (C) untuk setiap kelompok

Centroid untuk kelompok 3:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 5 | 2 | 3 |
| 7 | 2 | 5 |
| 9 | 2 | 6 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 3 | 6 | 14 |
| Rata-rata | 2 | 4.667 |

Centroid kedua untuk setiap kelompok (hasil iterasi - 1):

| Kelompok | Fitur x | Fitur y |
|----------|---------|---------|
| 1 | 1 | 1.500 |
| 2 | 4.200 | 3.600 |
| 3 | 2 | 4.667 |

Contoh Kasus

Iterasi - 1

Menghitung fungsi objektif baru

Jarak data ke centroid kedua (menggunakan jarak *euclidean*):

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | K 1 | K 2 | K 3 | K |
|-----------|---------|---------|----------------------------------|--------|-------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 0.500 | | | 1 |
| 2 | 4 | 1 | | 2.608 | | 2 |
| 3 | 6 | 1 | | 3.162 | | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 0.500 | | | 1 |
| 5 | 2 | 3 | | | 1.667 | 3 |
| 6 | 5 | 3 | | 1.000 | | 2 |
| 7 | 2 | 5 | | | 0.333 | 3 |
| 8 | 3 | 5 | | 1.844 | | 2 |
| 9 | 2 | 6 | | | 1.333 | 3 |
| 10 | 3 | 8 | | 4.561 | | 2 |
| | | | 1.000 | 13.175 | 3.333 | 17.508 |
| | | | Perubahan Fungsi Objektif | | | 4.893 |

Contoh Kasus

Iterasi - 1

Menghitung perubahan fungsi objektif

Fungsi Objektif (J) lama/sebelumnya = 22.401

Fungsi Objektif (J) baru/sekarang = $1 + 13.175 + 3.333 = 17.508$

Perubahan Fungsi Objektif = $| J \text{ baru} - J \text{ lama} |$
= $| 17.508 - 22.401 | = 4.893$

Perubahan masih di atas ambang batas atau threshold (T); >0.1 , artinya pencarian centroid masih terus dilakukan.

Contoh Kasus

Iterasi - 1

Langkah 4: Alokasikan semua data ke centroid terdekat

(menggunakan jarak *euclidean*)

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | K 1 | K 2 | K 3 | Terdekat | K Baru | K Lama |
|-----------|---------|---------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 0.500 | 4.123 | 3.801 | 0.500 | 1 | 1 |
| 2 | 4 | 1 | 3.041 | 2.608 | 4.177 | 2.608 | 2 | 2 |
| 3 | 6 | 1 | 5.025 | 3.162 | 5.426 | 3.162 | 2 | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 0.500 | 3.578 | 2.848 | 0.500 | 1 | 1 |
| 5 | 2 | 3 | 1.803 | 2.280 | 1.667 | 1.667 | 3 | 3 |
| 6 | 5 | 3 | 4.272 | 1 | 3.432 | 1 | 2 | 2 |
| 7 | 2 | 5 | 3.640 | 2.608 | 0.333 | 0.333 | 3 | 3 |
| 8 | 3 | 5 | 4.031 | 1.844 | 1.054 | 1.054 | 3 | 2 |
| 9 | 2 | 6 | 4.610 | 3.256 | 1.333 | 1.333 | 3 | 3 |
| 10 | 3 | 8 | 6.801 | 4.561 | 3.480 | 3.480 | 3 | 2 |

Masih terdapat data yang berpindah kelompok, artinya masih perlu dilakukan pencarian centroid baru (kembali ke langkah 3).

Contoh Kasus

Iterasi - 1

Langkah 4: Alokasikan semua data ke centroid terdekat

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | Kelompok 1 | Kelompok 2 | Kelompok 3 |
|-----------|---------|---------|------------|------------|------------|
| 1 | 1 | 1 | * | | |
| 2 | 4 | 1 | | * | |
| 3 | 6 | 1 | | * | |
| 4 | 1 | 2 | * | | |
| 5 | 2 | 3 | | | * |
| 6 | 5 | 3 | | * | |
| 7 | 2 | 5 | | | * |
| 8 | 3 | 5 | | | * |
| 9 | 2 | 6 | | | * |
| 10 | 3 | 8 | | | * |

Masih terdapat data yang berpindah kelompok, artinya masih perlu dilakukan pencarian centroid baru (kembali ke langkah 3).

Contoh Kasus

Iterasi - 2

Langkah 3: Hitung pusat kelompok atau centroid (C) untuk setiap kelompok

Centroid untuk kelompok 1:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 2 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 2 | 2 | 3 |
| Rata-rata | 1 | 1.500 |

Centroid untuk kelompok 2:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 2 | 4 | 1 |
| 3 | 6 | 1 |
| 6 | 5 | 3 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 3 | 15 | 5 |
| Rata-rata | 5 | 1.667 |

Contoh Kasus

Iterasi - 2

Langkah 3: Hitung pusat kelompok atau centroid (C) untuk setiap kelompok

Centroid untuk kelompok 3:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 5 | 2 | 3 |
| 7 | 2 | 5 |
| 8 | 3 | 5 |
| 9 | 2 | 6 |
| 10 | 3 | 8 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 5 | 12 | 27 |
| Rata-rata | 2.400 | 5.400 |

Centroid ketiga untuk setiap kelompok (hasil iterasi - 2):

| Kelompok | Fitur x | Fitur y |
|----------|---------|---------|
| 1 | 1 | 1.500 |
| 2 | 5 | 1.667 |
| 3 | 2.400 | 5.400 |

Contoh Kasus

Iterasi - 2

Menghitung fungsi objektif baru

Jarak data ke centroid ketiga (menggunakan jarak *euclidean*):

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | K 1 | K 2 | K 3 | K |
|-----------|---------|---------|----------------------------------|-------|-------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 0.500 | | | 1 |
| 2 | 4 | 1 | | 1.202 | | 2 |
| 3 | 6 | 1 | | 1.202 | | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 0.500 | | | 1 |
| 5 | 2 | 3 | | | 2.433 | 3 |
| 6 | 5 | 3 | | 1.333 | | 2 |
| 7 | 2 | 5 | | | 0.566 | 3 |
| 8 | 3 | 5 | | | 0.721 | 3 |
| 9 | 2 | 6 | | | 0.721 | 3 |
| 10 | 3 | 8 | | | 2.668 | 3 |
| | | | 1.000 | 3.737 | 7.109 | 11.846 |
| | | | Perubahan Fungsi Objektif | | | 5.662 |

Contoh Kasus

Iterasi - 2

Menghitung perubahan fungsi objektif

Fungsi Objektif (J) lama/sebelumnya = 17.508

Fungsi Objektif (J) baru/sekarang = $1 + 3.737 + 7.109 = 11.846$

Perubahan Fungsi Objektif = $| J \text{ baru} - J \text{ lama} |$
= $| 11.846 - 17.508 | = 5.662$

Perubahan masih di atas ambang batas atau threshold (T); >0.1 , artinya pencarian centroid masih terus dilakukan.

Contoh Kasus

Iterasi - 2

Langkah 4: Alokasikan semua data ke centroid terdekat

(menggunakan jarak *euclidean*)

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | K 1 | K 2 | K 3 | Terdekat | K Baru | K Lama |
|-----------|---------|---------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 0.500 | 4.055 | 4.617 | 0.500 | 1 | 1 |
| 2 | 4 | 1 | 3.041 | 1.202 | 4.682 | 1.202 | 2 | 2 |
| 3 | 6 | 1 | 5.025 | 1.202 | 5.685 | 1.202 | 2 | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 0.500 | 4.014 | 3.677 | 0.500 | 1 | 1 |
| 5 | 2 | 3 | 1.803 | 3.283 | 2.433 | 1.803 | 1 | 3 |
| 6 | 5 | 3 | 4.272 | 1.333 | 3.538 | 1.333 | 2 | 2 |
| 7 | 2 | 5 | 3.640 | 4.484 | 0.566 | 0.566 | 3 | 3 |
| 8 | 3 | 5 | 4.031 | 3.887 | 0.721 | 0.721 | 3 | 3 |
| 9 | 2 | 6 | 4.610 | 5.270 | 0.721 | 0.721 | 3 | 3 |
| 10 | 3 | 8 | 6.801 | 6.641 | 2.668 | 2.668 | 3 | 3 |

Masih terdapat data yang berpindah kelompok, artinya masih perlu dilakukan pencarian centroid baru (kembali ke langkah 3).

Contoh Kasus

Iterasi - 2

Langkah 4: Alokasikan semua data ke centroid terdekat

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | Kelompok 1 | Kelompok 2 | Kelompok 3 |
|-----------|---------|---------|------------|------------|------------|
| 1 | 1 | 1 | * | | |
| 2 | 4 | 1 | | * | |
| 3 | 6 | 1 | | * | |
| 4 | 1 | 2 | * | | |
| 5 | 2 | 3 | * | | |
| 6 | 5 | 3 | | * | |
| 7 | 2 | 5 | | | * |
| 8 | 3 | 5 | | | * |
| 9 | 2 | 6 | | | * |
| 10 | 3 | 8 | | | * |

Masih terdapat data yang berpindah kelompok, artinya masih perlu dilakukan pencarian centroid baru (kembali ke langkah 3).

Contoh Kasus

Iterasi - 3

Langkah 3: Hitung pusat kelompok atau centroid (C) untuk setiap kelompok

Centroid untuk kelompok 1:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 2 |
| 5 | 2 | 3 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 3 | 4 | 6 |
| Rata-rata | 1.333 | 2 |

Centroid untuk kelompok 2:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 2 | 4 | 1 |
| 3 | 6 | 1 |
| 6 | 5 | 3 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 3 | 15 | 5 |
| Rata-rata | 5 | 1.667 |

Contoh Kasus

Iterasi - 3

Langkah 3: Hitung pusat kelompok atau centroid (C) untuk setiap kelompok

Centroid untuk kelompok 3:

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y |
|-----------------|----------|----------|
| 7 | 2 | 5 |
| 8 | 3 | 5 |
| 9 | 2 | 6 |
| 10 | 3 | 8 |
| M (Jumlah Data) | Jumlah x | Jumlah y |
| 4 | 10 | 24 |
| Rata-rata | 2.500 | 6 |

Centroid keempat untuk setiap kelompok (hasil iterasi - 3):

| Kelompok | Fitur x | Fitur y |
|----------|---------|---------|
| 1 | 1.333 | 2 |
| 2 | 5 | 1.667 |
| 3 | 2.500 | 6 |

Contoh Kasus

Iterasi - 3

Menghitung fungsi objektif baru

Jarak data ke centroid ketiga (menggunakan jarak *euclidean*):

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | K 1 | K 2 | K 3 | K |
|-----------|---------|---------|----------------------------------|-------|-------|--------------|
| 1 | 1 | 1 | 1.054 | | | 1 |
| 2 | 4 | 1 | | 1.202 | | 2 |
| 3 | 6 | 1 | | 1.202 | | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 0.333 | | | 1 |
| 5 | 2 | 3 | 1.202 | | | 1 |
| 6 | 5 | 3 | | 1.333 | | 2 |
| 7 | 2 | 5 | | | 1.118 | 3 |
| 8 | 3 | 5 | | | 1.118 | 3 |
| 9 | 2 | 6 | | | 0.500 | 3 |
| 10 | 3 | 8 | | | 2.062 | 3 |
| | | | 2.589 | 3.737 | 4.798 | 11.124 |
| | | | Perubahan Fungsi Objektif | | | 0.732 |

Contoh Kasus

Iterasi - 3

Menghitung perubahan fungsi objektif

Fungsi Objektif (J) lama/sebelumnya = 11.846

Fungsi Objektif (J) baru/sekarang = 2.589 + 3.737 + 4.798 = 11.124

Perubahan Fungsi Objektif = | J baru - J lama |
= | 11.124 - 11.846 | = 0.732

Perubahan masih di atas ambang batas atau threshold (T); >0.1, artinya pencarian centroid masih terus dilakukan.

Contoh Kasus

Iterasi - 3

Langkah 4: Alokasikan semua data ke centroid terdekat

(menggunakan jarak *euclidean*)

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | K 1 | K 2 | K 3 | Terdekat | K Baru | K Lama |
|-----------|---------|---------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 1.054 | 4.055 | 5.220 | 1.054 | 1 | 1 |
| 2 | 4 | 1 | 2.848 | 1.202 | 5.220 | 1.202 | 2 | 2 |
| 3 | 6 | 1 | 4.773 | 1.202 | 6.103 | 1.202 | 2 | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 0.333 | 4.014 | 4.272 | 0.333 | 1 | 1 |
| 5 | 2 | 3 | 1.202 | 3.283 | 3.041 | 1.202 | 1 | 1 |
| 6 | 5 | 3 | 3.801 | 1.333 | 3.905 | 1.333 | 2 | 2 |
| 7 | 2 | 5 | 3.073 | 4.484 | 1.118 | 1.118 | 3 | 3 |
| 8 | 3 | 5 | 3.432 | 3.887 | 1.118 | 1.118 | 3 | 3 |
| 9 | 2 | 6 | 4.055 | 5.270 | 0.500 | 0.500 | 3 | 3 |
| 10 | 3 | 8 | 6.227 | 6.641 | 2.062 | 2.062 | 3 | 3 |

Sudah tidak ada data yang berpindah kelompok, artinya pencarian centroid sudah bisa dihentikan.

Tetapi iterasi juga masih bisa dilakukan (kembali ke langkah 3), karena perubahan fungsi objektif masih di atas ambang batas atau threshold (T); $0.732 > 0.1$

Contoh Kasus

Iterasi - 4

Menghitung fungsi objektif baru

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | K 1 | K 2 | K 3 | K |
|-----------|---------|---------|----------------------------------|-------|-------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 1.054 | | | 1 |
| 2 | 4 | 1 | | 1.202 | | 2 |
| 3 | 6 | 1 | | 1.202 | | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 0.333 | | | 1 |
| 5 | 2 | 3 | 1.202 | | | 1 |
| 6 | 5 | 3 | | 1.333 | | 2 |
| 7 | 2 | 5 | | | 1.118 | 3 |
| 8 | 3 | 5 | | | 1.118 | 3 |
| 9 | 2 | 6 | | | 0.500 | 3 |
| 10 | 3 | 8 | | | 2.062 | 3 |
| | | | 2.589 | 3.737 | 4.798 | 11.124 |
| | | | Perubahan Fungsi Objektif | | | 0.000 |

Contoh Kasus

Iterasi - 4

Menghitung perubahan fungsi objektif

Fungsi Objektif (J) lama/sebelumnya = 11.124

Fungsi Objektif (J) baru/sekarang = 2.589 + 3.737 + 4.798 = 11.124

Perubahan Fungsi Objektif = | J baru - J lama |
= | 11.846 - 11.124 | = 0

Perubahan sudah di bawah ambang batas atau threshold (T); $0 < 0.1$, artinya centroid sudah bisa digunakan.

Contoh Kasus

Nilai akhir centroid untuk setiap kelompok:

| Kelompok | Fitur x | Fitur y |
|----------|---------|---------|
| 1 | 1.333 | 2 |
| 2 | 5 | 1.667 |
| 3 | 2.500 | 6 |

Hasil pengalokasian semua data latih ke centroid terdekat

| Data ke-i | Fitur x | Fitur y | Kelompok 1 | Kelompok 2 | Kelompok 3 |
|-----------|---------|---------|------------|------------|------------|
| 1 | 1 | 1 | * | | |
| 2 | 4 | 1 | | * | |
| 3 | 6 | 1 | | * | |
| 4 | 1 | 2 | * | | |
| 5 | 2 | 3 | * | | |
| 6 | 5 | 3 | | * | |
| 7 | 2 | 5 | | | * |
| 8 | 3 | 5 | | | * |
| 9 | 2 | 6 | | | * |
| 10 | 3 | 8 | | | * |