

**IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZY C-MEANS UNTUK
CLUSTERING DATA KLIMATOLOGI DARI BMKG
TUGAS AKHIR DATA MINING**



Disusun Oleh:

Vina Amaylia K. (082011233044)

Akrom Fuadi (082011233079)

Dosen Pengampu:

Auli Damayanti, S.Si, M.Si.

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2023

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan segenap rahmat dan karunia-Nya sehingga kami berkesempatan dan menyelesaikan Tugas Akhir mata kuliah Data Mining dengan judul **“Implementasi Algoritma Fuzzy C-Means untuk Clustering Data Klimatologi dari BMKG”** ini dengan tepat waktu.

Tugas Akhir ini kami susun untuk memenuhi tugas mata kuliah Data Mining. Dalam Tugas Akhir ini, kami akan membahas mengenai implementasi algoritma Fuzzy C-Means untuk clustering data klimatologi dari BMKG ke dalam program C++. Dalam pemenuhan Tugas Akhir ini, kami menggunakan data yang kami peroleh dari BMKG yang awalnya memiliki banyak atribut tetapi kami batasi dengan menggunakan 5 atribut saja.

Kami ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada ibu Auli Damayanti, S.Si, M.Si. selaku dosen pengampu yang telah membimbing kami dalam mata kuliah Data Mining dan seluruh pihak yang membantu dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini. Semoga, Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembacanya.

Kami menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran pembaca sangat kami harapkan untuk perbaikan Tugas Akhir kami selanjutnya. Kami mohon maaf apabila dalam Tugas Akhir ini terdapat kesalahan, baik dalam penulisan maupun isi makalah ini. Terima kasih.

Surabaya, 4 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------|-----|
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI..... | iii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Manfaat | 2 |
| BAB II LANDASAN TEORI..... | 3 |
| 2.1 Data Mining | 3 |
| 2.2 Clustering | 3 |
| 2.3 Fuzzy C-Means | 4 |
| 2.4 BMKG..... | 5 |
| 2.5 Klimatologi | 5 |
| 2.6 C++..... | 6 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 7 |
| BAB IV PEMBAHASAN..... | 9 |
| 4.1 Perhitungan Manual | 9 |
| 4.2 Implementasi | 16 |
| BAB V PENUTUP | 19 |
| 5.1 Kesimpulan | 19 |
| 5.2 Saran..... | 20 |
| DAFTAR PUSTAKA | 21 |
| LAMPIRAN..... | 22 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) adalah lembaga yang bertanggung jawab untuk mengumpulkan dan menganalisis data klimatologi di Indonesia. Data klimatologi yang dikumpulkan oleh BMKG mencakup parameter seperti suhu, curah hujan, kelembaban, tekanan atmosfer, dan lainnya. Data ini dapat sangat beragam dan kompleks, dan dengan menggunakan algoritma FCM, kita dapat mengklasifikasikan data tersebut ke dalam kelompok-kelompok yang berbeda berdasarkan kesamaan fitur atau pola.

Implementasi algoritma FCM pada data klimatologi BMKG memiliki beberapa keuntungan. Pertama, algoritma ini dapat menangani data yang memiliki karakteristik fuzzy, yaitu data yang tidak memiliki batasan yang jelas antara kelompok-kelompoknya. Karena itu, algoritma FCM memungkinkan adanya tumpang tindih antara kelompok-kelompok tersebut.

Kedua, dengan menggunakan FCM, kita dapat memberikan bobot pada setiap titik data yang menunjukkan tingkat keanggotaan data tersebut dalam setiap kelompok. Hal ini memungkinkan kita untuk menggambarkan tingkat ketidakpastian dalam pengelompokan data dan memberikan hasil clustering yang lebih rinci.

Selain itu, implementasi algoritma FCM pada data klimatologi BMKG dapat membantu dalam pemahaman pola cuaca dan iklim di suatu wilayah. Dengan mengklasifikasikan data klimatologi ke dalam kelompok-kelompok yang berbeda, kita dapat mengidentifikasi pola yang mungkin terkait dengan fenomena cuaca seperti musim hujan, musim kemarau, atau pola iklim lainnya. Informasi ini dapat berguna dalam pengambilan keputusan terkait dengan perencanaan pertanian, pengelolaan sumber daya air, mitigasi bencana, dan banyak lagi.

Namun, perlu diingat bahwa implementasi algoritma FCM untuk clustering data klimatologi BMKG harus didukung dengan pemahaman yang mendalam tentang domain dan klimatologi. Penggunaan algoritma clustering ini juga harus dilakukan dengan hati-hati dan hasilnya perlu diverifikasi dan dibandingkan dengan pengetahuan ahli dalam bidang klimatologi untuk memastikan keakuratan dan validitas interpretasi hasil clustering.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang didapatkan dari latar belakang tersebut yaitu:

1. Bagaimana hasil dari clustering data klimatologi dari BMKG?
2. Bagaimana langkah-langkah dari algoritma Fuzzy C-Means dan cara penyelesaian manualnya?
3. Bagaimana penyelesaian implementasi dari algoritma Fuzzy C-Means untuk clustering data klimatologi dari BMKG dengan menggunakan Borland C++?

1.3 Tujuan

Tujuan dari pengerjaan tugas akhir mata kuliah Data Mining ini adalah untuk mengelompokkan data klimatologi dari BMKG ke dalam beberapa kelompok berdasarkan kemiripan karakteristik atau atribut tertentu. Dalam konteks data klimatologi, tujuan tersebut dapat dicapai dengan cara mengelompokkan data berdasarkan pola atau tren cuaca dan iklim yang serupa.

1.4 Manfaat

Manfaat dari makalah tugas akhir ini yaitu:

1. Mengetahui hasil dari clustering data klimatologi dari BMKG.
2. Memahami langkah-langkah dari algoritma Fuzzy C-Means dan cara penyelesaian manualnya.
3. Memahami penyelesaian implementasi dari algoritma Fuzzy C-Means untuk clustering data klimatologi dari BMKG dengan menggunakan Borland C++.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Data Mining

Data mining merupakan proses menemukan pola-pola yang bermanfaat, informasi, dan pengetahuan yang tersembunyi dalam data besar atau kompleks. Tujuan utama dari data mining adalah mengungkap pola tersembunyi yang dapat digunakan untuk membuat keputusan yang lebih baik, membuat prediksi, dan mengidentifikasi hubungan yang relevan antara variabel dalam data.

Data mining melibatkan penggunaan teknik dan metode dari berbagai bidang seperti statistik, kecerdasan buatan (artificial intelligence), machine learning, pengenalan pola (pattern recognition), dan basis data. Beberapa metode dan teknik yang umum digunakan dalam data mining antara lain:

1. Clustering: Mengelompokkan data berdasarkan kesamaan fitur atau atribut.
2. Klasifikasi: Membangun model prediksi berdasarkan contoh-contoh data yang sudah dikategorikan.
3. Regresi: Mengidentifikasi hubungan antara variabel dependen dan independen dalam data.
4. Asosiasi: Mengidentifikasi hubungan dan keterkaitan antara item-item dalam data.
5. Deteksi anomali: Mengidentifikasi data yang tidak biasa atau tidak sesuai dengan pola umum dalam data.
6. Segmentasi: Membagi populasi atau data menjadi segmen-segmen yang berbeda berdasarkan karakteristik tertentu.

2.2 Clustering

Clustering adalah proses pengelompokan data ke dalam kelompok-kelompok yang memiliki kesamaan berdasarkan fitur atau atribut yang dimiliki. Tujuan dari clustering adalah mengidentifikasi pola-pola yang ada dalam data dan membentuk kelompok-kelompok yang homogen di dalamnya.

Dalam clustering, data yang memiliki karakteristik yang serupa dikelompokkan bersama, sementara data yang memiliki karakteristik yang berbeda ditempatkan dalam kelompok yang berbeda. Metode clustering dapat digunakan dalam berbagai bidang, termasuk ilmu data, pengenalan pola, analisis citra, analisis biomedis, dan banyak lagi.

Beberapa metode clustering yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

1. K-Means: Metode ini membagi data menjadi k kelompok yang berbeda, di mana setiap kelompok mewakili pusat dengan rata-rata data yang terdekat dengannya.
2. Hierarchical Clustering: Metode ini membangun hirarki kelompok dengan menggabungkan atau memisahkan kelompok berdasarkan jarak antara data.
3. DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise): Metode ini mengelompokkan data berdasarkan kerapatan data yang ada di sekitar mereka.
4. Agglomerative Clustering: Metode ini memulai dengan setiap data sebagai satu kelompok, lalu secara bertahap menggabungkan kelompok yang memiliki kemiripan terdekat.
5. Gaussian Mixture Models (GMM): Metode ini mengasumsikan bahwa data dihasilkan dari sejumlah kelompok Gaussian dan berusaha untuk mengidentifikasi kelompok-kelompok ini.

2.3 Fuzzy C-Means

Fuzzy C-Means (FCM) adalah sebuah algoritma clustering yang menggunakan pendekatan fuzzy untuk mengelompokkan data ke dalam kelompok-kelompok yang memiliki kesamaan. FCM adalah modifikasi dari algoritma K-Means yang memperkenalkan konsep keanggotaan fuzzy, yang memungkinkan adanya tumpang tindih antara kelompok-kelompok yang ada.

Dalam FCM, setiap data memiliki tingkat keanggotaan dalam setiap kelompok yang direpresentasikan oleh nilai keanggotaan fuzzy antara 0 dan 1. Sebagai contoh, data dapat memiliki tingkat keanggotaan 0,8 dalam kelompok A dan 0,2 dalam kelompok B, menunjukkan bahwa data tersebut lebih cenderung menjadi bagian dari kelompok A, tetapi masih memiliki sedikit kemungkinan menjadi bagian dari kelompok B.

Algoritma FCM berusaha untuk meminimalkan fungsi objektif yang disebut fungsi keanggotaan fuzzy, yang mencerminkan sejauh mana data berada di dekat pusat kelompok yang sesuai. Proses clustering dilakukan dengan mengulangi langkah-langkah untuk mengupdate pusat kelompok dan tingkat keanggotaan data hingga konvergensi.

2.4 BMKG

BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) adalah lembaga pemerintah di Indonesia yang bertanggung jawab dalam pengumpulan, pemantauan, analisis, dan penyediaan informasi meteorologi, klimatologi, dan geofisika. BMKG memiliki peran penting dalam memberikan informasi cuaca, iklim, gempa bumi, tsunami, dan berbagai fenomena alam lainnya kepada masyarakat, pemerintah, dan sektor-sektor terkait.

BMKG mengoperasikan jaringan stasiun meteorologi, klimatologi, dan geofisika di seluruh wilayah Indonesia. Data yang dikumpulkan dari stasiun-stasiun tersebut digunakan untuk memonitor kondisi cuaca, klimatologi, dan geofisika, serta untuk menghasilkan peringatan dini terhadap bencana alam seperti angin kencang, hujan lebat, gempa bumi, dan lain-lain.

2.5 Klimatologi

Klimatologi adalah ilmu yang mempelajari iklim, termasuk pola cuaca jangka panjang, variasi iklim, dan perubahan iklim dalam rentang waktu yang lebih luas. Klimatologi melibatkan pengumpulan, analisis, dan interpretasi data cuaca dari jangka waktu yang panjang untuk memahami karakteristik dan dinamika iklim di suatu wilayah atau secara global.

Klimatologi mempelajari berbagai elemen iklim seperti suhu udara, kelembaban, curah hujan, tekanan atmosfer, angin, dan radiasi matahari. Selain itu, klimatologi juga mempelajari faktor-faktor penyebab perubahan iklim seperti sirkulasi atmosfer, aliran oseanik, interaksi antara atmosfer dan lautan, aktivitas manusia, dan lain-lain.

Studi klimatologi melibatkan penggunaan data historis dan observasi terkini, termasuk data stasiun meteorologi, satelit, dan model iklim. Tujuannya adalah untuk memahami pola iklim jangka panjang, tren perubahan iklim, dan dampaknya terhadap lingkungan, ekosistem, manusia, dan kegiatan sosial-ekonomi.

Dalam studi kasus ini data yang dimiliki memiliki beberapa atribut klimatologi yaitu:

1. Rata-rata temperature atau suhu ($^{\circ}C$) dalam 24 jam
2. Persentase Penyinaran Matahari dari pukul 08.00 – 16.00
3. Tekanan udara dalam (*mb*)
4. Rata-rata 24 jam lembab nisbi dalam %
5. Rata-rata kecepatan angina (*knot*)

2.6 C++

C++ adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang umum digunakan untuk pengembangan perangkat lunak. Bahasa ini merupakan pengembangan dari bahasa pemrograman C dengan penambahan fitur-fitur baru, termasuk dukungan untuk pemrograman berorientasi objek.

C++ dirancang dengan fokus pada efisiensi dan fleksibilitas. Bahasa ini memberikan kontrol yang lebih tinggi kepada pengembang dalam hal manajemen memori dan penggunaan sumber daya. C++ juga mendukung paradigma pemrograman prosedural, pemrograman berorientasi objek, serta pemrograman generik.

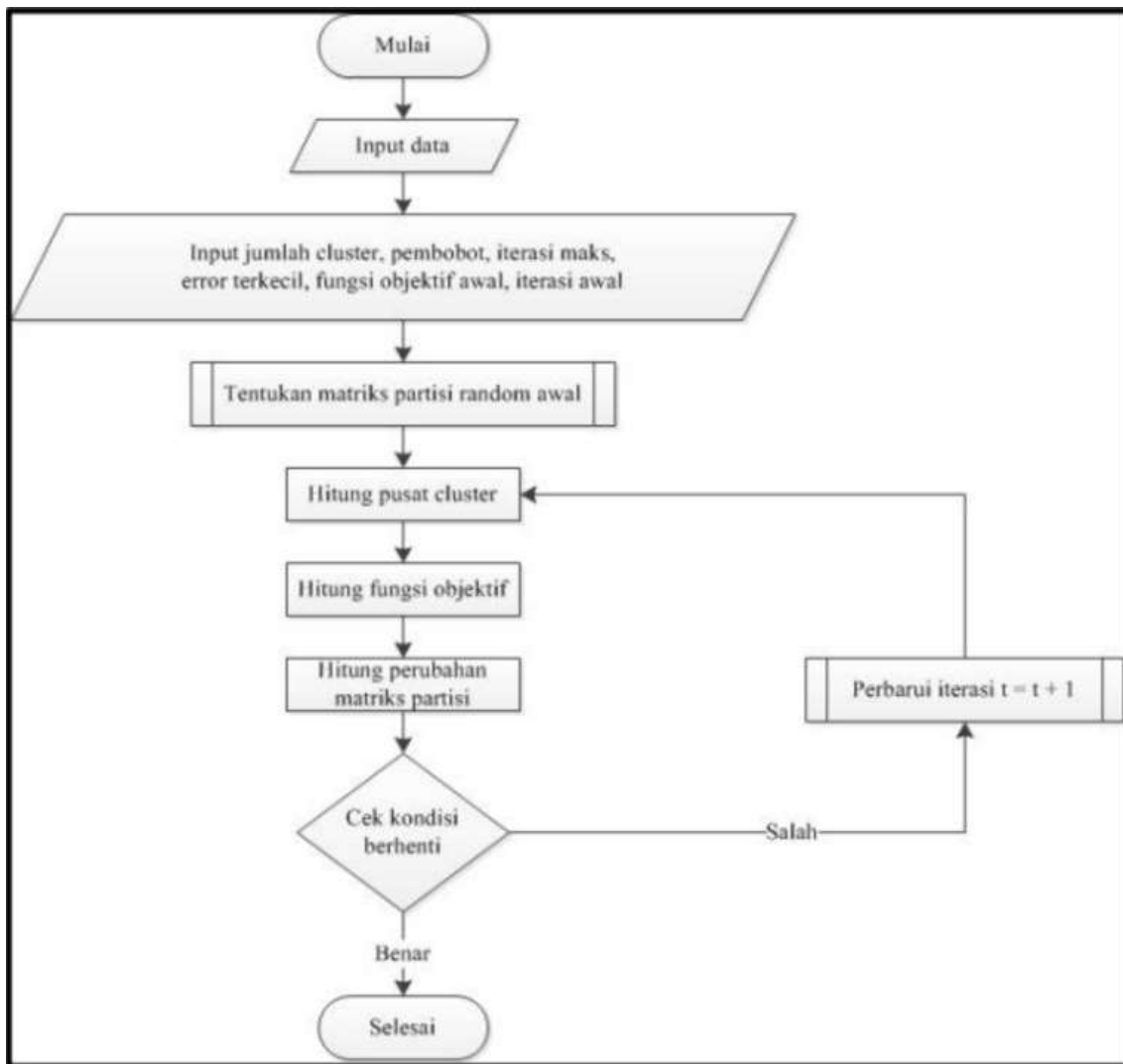
Dalam bahasa C++, pengembang dapat menggunakan fitur-fitur seperti class, inheritance, polymorphism, operator overloading, templates, dan exception handling. C++ banyak digunakan dalam pengembangan perangkat lunak yang membutuhkan kinerja tinggi, seperti aplikasi desktop, permainan, sistem operasi, perangkat lunak embedded, dan banyak lagi.

BAB III

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah untuk clustering data klimatologi dari BMKG dengan menggunakan algoritma Fuzzy C-Means adalah sebagai berikut:

1. Mengkaji materi tentang algoritma Fuzzy C-Means
2. Menerapkan algoritma Fuzzy C-Means untuk clustering data klimatologi dari BMKG dengan langkah sebagai berikut:
 - a) Menentukan nilai-nilai yang dibutuhkan seperti Jumlah Cluster (c) yaitu 3, Pangkat (w) yaitu 2, Maksimum Iterasi ($MaxIter$) yaitu 100, dan Error terkecil yang diharapkan (ϵ) yaitu 0,001
 - b) Menentukan nilai random sebagai keanggotaan cluster dengan $0 < x < 1$ dan total setiap baris harus = 1 atau ($C_1 + \dots + C_n = 1$)
 - c) Masuk tahap Iterasi
 - Tahap 1, nilai random dari langkah 2 dipangkatkan dengan $w = 2$ & menghitung total miu
 - Tahap 2, data klimatologi bmkg dikalikan dengan nilai setiap cluster dari tahap 1 dan menghitung total
 - Tahap 3, hitung pusat cluster dari total nilai tahap 2 dibagi total miu
 - Tahap 4, hitung fungsi objektif, total fungsi objektif, dan selisih fungsi objektif (membuat data keanggotaan baru)
 - Tahap 5, hitung matrix partisi U dan hitung total
 - Tahap 6, perhitungan data keanggotaan baru dari matrix partisi Tahap 5 ($L1/LT$) (iterasi selanjutnya ulangi tahap 1-6 hingga selisih fungsi objektif sudah sesuai dengan ϵ)
 - d) Menentukan derajat keanggotaan yang diambil dari perhitungan matrix partisi
3. Membuat program dari langkah-langkah metode penelitian di atas
4. Mengimplementasikan program pada persoalan yang dihadapi



BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Manual

Data sample yang akan digunakan untuk perhitungan manual yaitu:

| Sample Data | | | | |
|-------------|-------|---------|--------|-------|
| Suhu | Sinar | Tekanan | Lembab | Angin |
| 29,2 | 38 | 1010,8 | 75 | 3 |
| 29,4 | 73 | 1011,7 | 76 | 6 |
| 28,8 | 70 | 1010,7 | 81 | 4 |
| 29,4 | 49 | 1008,3 | 74 | 3 |
| 28,9 | 24 | 1007,8 | 77 | 4 |
| 29,5 | 68 | 1008,6 | 75 | 3 |
| 27,6 | 39 | 1011,5 | 79 | 7 |
| 28 | 20 | 1010,4 | 78 | 10 |
| 28,6 | 43 | 1010,4 | 75 | 8 |
| 27,7 | 1 | 1007,6 | 81 | 5 |
| 26,8 | 6 | 1008,9 | 86 | 6 |
| 28 | 0 | 1008,8 | 76 | 6 |

Data tersebut memiliki jumlah total yaitu 12 data yang diambil dari setiap bulan (November, Desember, Januari, dan Februari) dan diambil sebanyak 3 data pertama.

Selanjutnya masuk ke tahap untuk menentukan nilai-nilai yang dibutuhkan,

Menentukan data yang akan di clustering berupa matriks ukuran $n \times m$ dengan:

- n adalah jumlah sample = 12
- m adalah jumlah atribut = 5

Kemudian menentukan :

- Jumlah Cluster = $c = 3$
- Pangkat = $w = 2$
- Maksimum Iterasi = 100
- Error Terkecil = $e = 0$
- Fungsi Objektif = 0
- Iterasi Awal = 1

Selanjutnya menentukan nilai random $0 < x < 1$ sebagai keanggotaan cluster dengan $i = 1, \dots, n$ dan $k = 1, \dots, c$ sebagai elemen-elemen matriks partisi awal U dengan rumus

$$Q_i = \sum_{k=1}^c \mu_{ik} = 1$$

Dan akan didapatkan

| nilai random cluster | | | |
|----------------------|------|------|-------|
| C1 | C2 | C3 | Total |
| 0,2 | 0,25 | 0,55 | 1 |
| 0,3 | 0,4 | 0,3 | 1 |
| 0,15 | 0,15 | 0,7 | 1 |
| 0,25 | 0,25 | 0,5 | 1 |
| 0,4 | 0,2 | 0,4 | 1 |
| 0,5 | 0,15 | 0,35 | 1 |
| 0,6 | 0,2 | 0,2 | 1 |
| 0,15 | 0,35 | 0,5 | 1 |
| 0,45 | 0,15 | 0,4 | 1 |
| 0,7 | 0,12 | 0,18 | 1 |
| 0,2 | 0,5 | 0,3 | 1 |
| 0,4 | 0,4 | 0,2 | 1 |

Tahap 1

Selanjutnya memangkatkan nilai keanggotaan cluster dengan $w = 2$ akan diperoleh

| miu kuadrat | | |
|-------------|------|------|
| C1 | C2 | C3 |
| 0,04 | 0,06 | 0,3 |
| 0,09 | 0,16 | 0,09 |
| 0,02 | 0,02 | 0,49 |
| 0,06 | 0,06 | 0,25 |
| 0,16 | 0,04 | 0,16 |
| 0,25 | 0,02 | 0,12 |
| 0,36 | 0,04 | 0,04 |
| 0,02 | 0,12 | 0,25 |
| 0,2 | 0,02 | 0,16 |
| 0,49 | 0,01 | 0,03 |
| 0,04 | 0,25 | 0,09 |
| 0,16 | 0,16 | 0,04 |

Total dari miu kuadrat adalah

| | | |
|-------------|-------------|-------------|
| 1,89 | 0,96 | 2,02 |
|-------------|-------------|-------------|

Tahap 2

Perhitungan pusat cluster : kalikan antara nilai data dengan nilai pangkat keanggotaan

Rumusnya yaitu :

$$X_m c_k = X_{ij} \times \mu_{ik}$$

Akan didapatkan hasil

| cluster 1 | | | | | cluster 2 | | | | |
|-----------|-------|---------|--------|-------|-----------|-------|--------|-------|------|
| X1C1 | X2C1 | X3C1 | X4C1 | X5C1 | X1C2 | X2C2 | X3C2 | X4C2 | X5C2 |
| 1,17 | 1,52 | 40,43 | 3 | 0,12 | 1,75 | 2,28 | 60,65 | 4,5 | 0,18 |
| 2,65 | 6,57 | 91,05 | 6,84 | 0,54 | 4,7 | 11,68 | 161,87 | 12,16 | 0,96 |
| 0,58 | 1,4 | 20,21 | 1,62 | 0,08 | 0,58 | 1,4 | 20,21 | 1,62 | 0,08 |
| 1,76 | 2,94 | 60,5 | 4,44 | 0,18 | 1,76 | 2,94 | 60,5 | 4,44 | 0,18 |
| 4,62 | 3,84 | 161,25 | 12,32 | 0,64 | 1,16 | 0,96 | 40,31 | 3,08 | 0,16 |
| 7,38 | 17 | 252,15 | 18,75 | 0,75 | 0,59 | 1,36 | 20,17 | 1,5 | 0,06 |
| 9,94 | 14,04 | 364,14 | 28,44 | 2,52 | 1,1 | 1,56 | 40,46 | 3,16 | 0,28 |
| 0,56 | 0,4 | 20,21 | 1,56 | 0,2 | 3,36 | 2,4 | 121,25 | 9,36 | 1,2 |
| 5,72 | 8,6 | 202,08 | 15 | 1,6 | 0,57 | 0,86 | 20,21 | 1,5 | 0,16 |
| 13,57 | 0,49 | 493,72 | 39,69 | 2,45 | 0,28 | 0,01 | 10,08 | 0,81 | 0,05 |
| 1,07 | 0,24 | 40,36 | 3,44 | 0,24 | 6,7 | 1,5 | 252,23 | 21,5 | 1,5 |
| 4,48 | 0 | 161,41 | 12,16 | 0,96 | 4,48 | 0 | 161,41 | 12,16 | 0,96 |
| total | | | | | total | | | | |
| 53,5 | 57,04 | 1907,51 | 147,26 | 10,28 | 27,03 | 26,95 | 969,35 | 75,79 | 5,77 |

| cluster 3 | | | | |
|-----------|-------|---------|--------|-------|
| X1C3 | X2C3 | X3C3 | X4C3 | X5C3 |
| 8,76 | 11,4 | 303,24 | 22,5 | 0,9 |
| 2,65 | 6,57 | 91,05 | 6,84 | 0,54 |
| 14,11 | 34,3 | 495,24 | 39,69 | 1,96 |
| 7,35 | 12,25 | 252,08 | 18,5 | 0,75 |
| 4,62 | 3,84 | 161,25 | 12,32 | 0,64 |
| 3,54 | 8,16 | 121,03 | 9 | 0,36 |
| 1,1 | 1,56 | 40,46 | 3,16 | 0,28 |
| 7 | 5 | 252,6 | 19,5 | 2,5 |
| 4,58 | 6,88 | 161,66 | 12 | 1,28 |
| 0,83 | 0,03 | 30,23 | 2,43 | 0,15 |
| 2,41 | 0,54 | 90,8 | 7,74 | 0,54 |
| 1,12 | 0 | 40,35 | 3,04 | 0,24 |
| total | | | | |
| 58,07 | 90,53 | 2039,99 | 156,72 | 10,14 |

Tahap 3

Hitung pusat cluster berdasarkan nilai total yang telah didapat

Rumusnya yaitu :

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w \times X_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w}; \forall k, \forall j$$

Dengan $k = 1, 2, \dots, c; j = 1, 2, \dots, m$

| | | | | |
|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| 53.5 / 1.89 | 57.04 / 1.89 | 1907.5 / 1.89 | 147.26 / 1.89 | 10.28 / 1.89 |
| 27.03 / 0.96 | 26.95 / 0.96 | 969.35 / 0.96 | 75.79 / 0.96 | 5.77 / 0.96 |
| 58.07 / 2.02 | 90.53 / 2.02 | 2040 / 2.02 | 156.72 / 2.02 | 10.14 / 2.02 |

Akan didapatkan hasil yaitu

| | | | | |
|-------|-------|---------|-------|------|
| 28,31 | 30,18 | 1009,26 | 77,92 | 5,44 |
| 28,16 | 28,07 | 1009,74 | 78,95 | 6,01 |
| 28,75 | 44,82 | 1009,9 | 77,58 | 5,02 |

Tahap 4

Phitungan fungsi objektif

Rumusnya yaitu :

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left(\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2 (\mu_{ik})^w \right) \right)$$

Dengan $i = 1, 2, \dots, n ; j = 1, 2, \dots, m ; k = 1, 2, \dots, c$

Contoh perhitungan :

$$((29,2 - 28,31)^2 + (38 - 30,18)^2 + (1010,8 - 1009,26)^2 + (75 - 77,92)^2 + (3 - 5,44)^2) * 0,04 = 3,1518$$

$$((29,2 - 28,16)^2 + (38 - 28,07)^2 + (1010,8 - 1009,74)^2 + (75 - 78,95)^2 + (3 - 6,01)^2) * 0,06 = 7,5283$$

Akan didapatkan hasil

| fungsi objective | | | |
|------------------|------------|------------|------------|
| L1 | L2 | L3 | Total |
| 3.151844 | 7.528362 | 17.47851 | 28.158716 |
| 166.022469 | 325.245872 | 72.110853 | 563.379194 |
| 31.990122 | 35.353974 | 317.231733 | 384.575829 |
| 22.657326 | 28.514322 | 9.337925 | 60.509573 |
| 6.974736 | 1.148748 | 70.285072 | 78.408556 |
| 361.671025 | 32.443254 | 66.036204 | 460.150483 |
| 31.289076 | 4.954348 | 1.747668 | 37.991092 |
| 2.516562 | 9.889044 | 160.455425 | 172.861031 |
| 36.16322 | 4.861934 | 3.059472 | 44.084626 |
| 423.497249 | 7.427987 | 58.148451 | 489.073687 |
| 26.107284 | 134.835675 | 142.528653 | 303.471612 |
| 146.422416 | 127.605872 | 80.562468 | 354.590756 |
| fungsi objective | | | 2977.26 |

Selanjutnya akan didapatkan fungsi objektif pada iterasi 1 yaitu

| selisih fungsi objective | |
|--------------------------|---------|
| P1 | 2977,26 |
| P0 | 0 |
| P1-P0 | 2977,26 |

Tahap 5

Perhitungan matriks partisi U

Rumusnya yaitu:

$$\mu_{ik} = \left(\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right)^{\frac{-1}{w-1}}$$

Contoh perhitungan :

$$((29,2 - 28,31)^2 + (38 - 30,18)^2 + (1010,8 - 1009,26)^2 + (75 - 77,92)^2 + (3 - 5,44)^2)^{\frac{1}{1-1}} = 0,0126$$

$$((29,2 - 28,16)^2 + (38 - 28,07)^2 + (1010,8 - 1009,74)^2 + (75 - 78,95)^2 + (3 - 6,01)^2)^{\frac{1}{1-1}} = 0,0079$$

Akan didapatkan hasil

| L1 | L2 | L3 | LT |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0.012690983 | 0.007969861 | 0.017163934 | 0.037824779 |
| 0.000542095 | 0.000491936 | 0.001248078 | 0.002282109 |
| 0.000625193 | 0.000565707 | 0.001544612 | 0.002735512 |
| 0.00264815 | 0.002104206 | 0.026772543 | 0.031524899 |
| 0.022939936 | 0.034820518 | 0.002276444 | 0.060036898 |
| 0.000691236 | 0.000616461 | 0.001817185 | 0.003124882 |
| 0.011505613 | 0.008073716 | 0.022887642 | 0.042466972 |
| 0.00794735 | 0.012134641 | 0.001558065 | 0.021640057 |
| 0.005530481 | 0.004113589 | 0.052296605 | 0.061940676 |
| 0.001157032 | 0.00134626 | 0.000515921 | 0.003019213 |
| 0.001532139 | 0.001854109 | 0.000631452 | 0.0040177 |
| 0.001092729 | 0.001253861 | 0.000496509 | 0.002843099 |

Tahap 6

Perhitungan data keanggotaan baru berdasarkan hasil matriks partisi U

Rumusnya yaitu :

$$\frac{\mu_{ik}}{\sum_{k=1}^c \mu_{ik}}$$

Contoh perhitungannya yaitu :

| L1/LT | L2/LT | L3/LT |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 0,01269/0,0378=0,34 | 0,00796/0,0378=0,21 | 0,01716/0,0378=0,45 |
| 0,00054/0,0022=0,24 | 0,00049/0,0022=0,22 | 0,00154/0,0022=0,55 |

Akan didapatkan hasil

| L1/LT | L2/LT | L3/LT | |
|-------|-------|-------|---|
| 0.34 | 0.21 | 0.45 | 1 |
| 0.24 | 0.22 | 0.55 | 1 |
| 0.23 | 0.21 | 0.56 | 1 |
| 0.08 | 0.07 | 0.85 | 1 |
| 0.38 | 0.58 | 0.04 | 1 |
| 0.22 | 0.20 | 0.58 | 1 |
| 0.27 | 0.19 | 0.54 | 1 |
| 0.37 | 0.56 | 0.07 | 1 |
| 0.09 | 0.07 | 0.84 | 1 |
| 0.38 | 0.45 | 0.17 | 1 |
| 0.38 | 0.46 | 0.16 | 1 |
| 0.38 | 0.44 | 0.17 | 1 |

Selanjutnya iterasi akan terus diulang sampai $|P_t - P_{t-1}| < \varepsilon$ atau $(t > MaxIter)$

Berikut adalah fungsi objektif dari iterasi 2 sampai iterasi 13

Iterasi 2

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|---------|
| P1 | 17150,2 |
| P0 | 2977,26 |
| P1-P0 | 14172,9 |

Iterasi 3

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|-----------|
| P1 | 3103,03 |
| P0 | 17150,2 |
| P1-P0 | -14047,17 |

Iterasi 4

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|----------|
| P1 | 947,8 |
| P0 | 3103,03 |
| P1-P0 | -2155,23 |

Iterasi 5

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|---------|
| P1 | 624,36 |
| P0 | 947,8 |
| P1-P0 | -323,44 |

Iterasi 6

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|--------|
| P1 | 559,36 |
| P0 | 624,36 |
| P1-P0 | -65 |

Iterasi 7

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|--------|
| P1 | 549,29 |
| P0 | 559,36 |
| P1-P0 | -10,07 |

Iterasi 8

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|--------|
| P1 | 546,46 |
| P0 | 547,07 |
| P1-P0 | -0,61 |

Iterasi 9

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|--------|
| P1 | 547,07 |
| P0 | 549,29 |
| P1-P0 | -2,22 |

Iterasi 10

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|--------|
| P1 | 546,29 |
| P0 | 546,46 |
| P1-P0 | -0,17 |

Iterasi 11

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|--------|
| P1 | 546,25 |
| P0 | 546,29 |
| P1-P0 | -0,04 |

Iterasi 12

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|--------|
| P1 | 546,23 |
| P0 | 546,25 |
| P1-P0 | -0,02 |

Iterasi 13

| selisih fungsi objective | |
|-----------------------------|---------|
| P1 | 546,230 |
| P0 | 546,23 |
| P1-P0 | 0,000 |

Pada iterasi ke-13 selisih fungsi objective lebih kecil dari nilai error terkecil yang diharapkan, maka hasil Clustering telah selesai dan didapatkan data pada tiap cluster. Selanjutnya karena iterasi telah berhenti akan didapatkan hasil sebagai berikut:

| matriks partisi U | | | | |
|-------------------|---------------------|------------|-------------|---------|
| Data ke | derajat keanggotaan | | | Cluster |
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0,10216174 | 0,00088266 | 0,000972061 | 1 |
| 2 | 0,0008813 | 0,00021502 | 0,06376941 | 3 |
| 3 | 0,00103592 | 0,00023648 | 0,070733864 | 3 |
| 4 | 0,00928364 | 0,00050331 | 0,002192744 | 1 |
| 5 | 0,00408336 | 0,00264509 | 0,000471936 | 1 |
| 6 | 0,00120344 | 0,00024962 | 0,071955388 | 3 |
| 7 | 0,07346243 | 0,00085887 | 0,001028158 | 1 |
| 8 | 0,00250373 | 0,00401434 | 0,000395232 | 2 |
| 9 | 0,04791934 | 0,00067613 | 0,001340473 | 1 |
| 10 | 0,00066507 | 0,05352431 | 0,000209235 | 2 |
| 11 | 0,00082203 | 0,03178528 | 0,000239392 | 2 |
| 12 | 0,00064435 | 0,02159496 | 0,00020397 | 2 |

Dengan memilih derajat keanggotaan paling besar pada setiap data maka derajat keanggotaan tersebut akan menjadi cluster akhir dari setiap datanya.

Dari hasil clustering di atas didapatkan kesimpulan yaitu

- Cluster 1 : data ke 1, 4, 5, 7, 9
- Cluster 2 : data ke 8, 10, 11, 12
- Cluster 3 : data ke 2, 3, 6

Dengan penjelasan dari setiap cluster nya yaitu

- Cluster 1 : cuaca pada cluster 1 normal. persentase matahari normal, kisaran 20% - 50%. kelembaban normal. kecepatan angin tidak secepat cluster dan tidak selambat cluster 3. suhunya rata-rata.
- Cluster 2 : cuaca pada cluster 2 rendah. persentase matahari kurang, kisaran 0% - 20%. kelembaban tinggi. kecepatan angin cepat, melebihi cluster 1 dan cluster 3. suhunya rendah.
- Cluster 3 : cuaca pada cluster 3 tinggi. persentase matahari tinggi, kisaran 68% - 73%. kelembaban rendah. kecepatan angin lebih lambat dibanding cluster 1 dan cluster 2. suhunya tinggi.

4.2 Implementasi

Selanjutnya akan dilakukan implementasi dengan program C++ yang sudah dibuat yang bisa dilihat pada lampiran. Pada implementasi dengan program C++ akan digunakan semua data yang dimiliki untuk dilakukan clustering.

Data yang akan di-clustering yaitu

| BULAN : NOVEMBER 2022 | | | | | | BULAN : DESEMBER 2022 | | | | | | BULAN : JANUARI 2023 | | | | | | BULAN : FEBRUARI 2023 | | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Tanggal | Indeks Rata-Rata | Precipitasi Mm | Tekanan Udara | Kekuatan Angin | Ketebalan Awan | Tanggal | Indeks Rata-Rata | Precipitasi Mm | Tekanan Udara | Kekuatan Angin | Ketebalan Awan | Tanggal | Indeks Rata-Rata | Precipitasi Mm | Tekanan Udara | Kekuatan Angin | Ketebalan Awan | Tanggal | Indeks Rata-Rata | Precipitasi Mm | Tekanan Udara | Kekuatan Angin | Ketebalan Awan |
| 1 | 18,2 | 14 | 1010,8 | 11 | 0 | 1 | 18,4 | 40 | 1008,1 | 11 | 0 | 1 | 17,5 | 30 | 1011,7 | 10 | 1 | 1 | 17,1 | 8 | 1007,6 | 10 | 0 |
| 2 | 18,9 | 10 | 1011,7 | 10 | 0 | 2 | 18,9 | 10 | 1007,8 | 11 | 0 | 2 | 18,0 | 30 | 1016,4 | 10 | 0 | 2 | 18,8 | 8 | 1008,8 | 10 | 0 |
| 3 | 18,9 | 10 | 1010,7 | 11 | 0 | 3 | 18,1 | 40 | 1008,6 | 11 | 0 | 3 | 18,8 | 49 | 1013,4 | 11 | 0 | 3 | 18,0 | 8 | 1008,8 | 10 | 0 |
| 4 | 18,8 | 40 | 1012,5 | 10 | 0 | 4 | 18,7 | 0 | 1009,1 | 11 | 0 | 4 | 18,1 | 18 | 1009,9 | 10 | 1 | 4 | 17,1 | 21 | 1008,7 | 10 | 0 |
| 5 | 19,5 | 14 | 1011,7 | 10 | 0 | 5 | 17,8 | 10 | 1009,3 | 11 | 0 | 5 | 18,7 | 51 | 1008,7 | 10 | 0 | 5 | 18,5 | 36 | 1008,7 | 10 | 1 |
| 6 | 18,4 | 1 | 1012,2 | 10 | 0 | 6 | 18,8 | 40 | 1009,3 | 11 | 0 | 6 | 18,8 | 31 | 1010,8 | 11 | 0 | 6 | 18,1 | 41 | 1009,8 | 10 | 0 |
| 7 | 17,3 | 10 | 1011,7 | 10 | 0 | 7 | 18,9 | 50 | 1009,3 | 11 | 0 | 7 | 18,9 | 41 | 1009,1 | 11 | 1 | 7 | 18,1 | 28 | 1007,9 | 10 | 1 |
| 8 | 18,2 | 10 | 1011,8 | 10 | 0 | 8 | 18,8 | 40 | 1009,1 | 11 | 0 | 8 | 18,1 | 81 | 1016,4 | 11 | 1 | 8 | 18,2 | 31 | 1008,9 | 10 | 0 |
| 9 | 18,8 | 15 | 1011,3 | 12 | 0 | 9 | 18,3 | 10 | 1009,4 | 11 | 0 | 9 | 17,9 | 49 | 1013,8 | 10 | 1 | 9 | 17,8 | 41 | 1008,8 | 10 | 1 |
| 10 | 18,9 | 10 | 1010,2 | 10 | 0 | 10 | 18,8 | 70 | 1009,7 | 10 | 0 | 10 | 18,5 | 68 | 1012,4 | 10 | 0 | 10 | 18,1 | 11 | 1008,2 | 10 | 0 |
| 11 | 18,7 | 10 | 1010,1 | 10 | 0 | 11 | 18,3 | 40 | 1009,7 | 11 | 0 | 11 | 18,8 | 40 | 1011,1 | 10 | 0 | 11 | 17,1 | 18 | 1008,0 | 10 | 0 |
| 12 | 18,8 | 10 | 1009,7 | 11 | 0 | 12 | 18,8 | 10 | 1009,2 | 11 | 0 | 12 | 18,8 | 100 | 1013,2 | 10 | 0 | 12 | 17,6 | 14 | 1013,2 | 10 | 0 |
| 13 | 18,8 | 40 | 1009,8 | 10 | 0 | 13 | 18,1 | 40 | 1009,2 | 11 | 0 | 13 | 18,2 | 84 | 1010,8 | 10 | 1 | 13 | 17,1 | 11 | 1008,9 | 10 | 1 |
| 14 | 18,4 | 10 | 1009,9 | 10 | 0 | 14 | 18,8 | 10 | 1009,7 | 11 | 0 | 14 | 18,1 | 40 | 1009,0 | 10 | 0 | 14 | 17,8 | 11 | 1008,8 | 10 | 0 |
| 15 | 18,8 | 10 | 1009,8 | 11 | 0 | 15 | 18,6 | 80 | 1009,0 | 11 | 0 | 15 | 18,8 | 91 | 1009,1 | 11 | 1 | 15 | 17,1 | 11 | 1007,7 | 10 | 0 |
| 16 | 18,8 | 10 | 1008,7 | 10 | 0 | 16 | 17,8 | 0 | 1007,8 | 11 | 0 | 16 | 18,2 | 10 | 1009,2 | 10 | 0 | 16 | 17,1 | 11 | 1008,7 | 10 | 0 |
| 17 | 18,7 | 40 | 1008,5 | 10 | 0 | 17 | 18,7 | 11 | 1007,1 | 10 | 1 | 17 | 17,8 | 11 | 1009,1 | 10 | 1 | 17 | 17,9 | 11 | 1008,7 | 10 | 0 |
| 18 | 18,8 | 1 | 1009,2 | 10 | 0 | 18 | 18,8 | 10 | 1007,1 | 10 | 0 | 18 | 17,9 | 10 | 1009,1 | 10 | 0 | 18 | 17,6 | 10 | 1008,9 | 10 | 0 |
| 19 | 18,9 | 10 | 1009,7 | 10 | 0 | 19 | 18,7 | 10 | 1007,8 | 10 | 1 | 19 | 18,9 | 11 | 1010,4 | 10 | 0 | 19 | 18,1 | 10 | 1009,0 | 10 | 0 |
| 20 | 17,1 | 10 | 1007,9 | 10 | 0 | 20 | 18,9 | 10 | 1007,8 | 10 | 1 | 20 | 18,1 | 11 | 1009,8 | 11 | 0 | 20 | 18,4 | 16 | 1009,8 | 10 | 0 |
| 21 | 19,1 | 10 | 1008,4 | 11 | 0 | 21 | 19,1 | 11 | 1007,6 | 10 | 1 | 21 | 18,6 | 11 | 1009,8 | 10 | 0 | 21 | 18,0 | 11 | 1009,9 | 10 | 0 |
| 22 | 18,7 | 40 | 1009,0 | 10 | 0 | 22 | 18,2 | 11 | 1009,0 | 10 | 0 | 22 | 18,8 | 40 | 1008,1 | 10 | 1 | 22 | 18,1 | 11 | 1010,1 | 10 | 0 |
| 23 | 18,2 | 1 | 1010,1 | 10 | 0 | 23 | 17,2 | 0 | 1009,0 | 10 | 0 | 23 | 18,1 | 41 | 1007,1 | 10 | 1 | 23 | 17,8 | 11 | 1009,0 | 10 | 1 |
| 24 | 17,3 | 10 | 1010,1 | 10 | 0 | 24 | 18,8 | 19 | 1009,1 | 10 | 0 | 24 | 18,1 | 40 | 1007,1 | 10 | 1 | 24 | 18,7 | 41 | 1009,1 | 10 | 0 |
| 25 | 18,2 | 40 | 1011,1 | 11 | 0 | 25 | 17,7 | 0 | 1009,1 | 10 | 1 | 25 | 17,8 | 10 | 1009,1 | 10 | 1 | 25 | 18,8 | 10 | 1010,8 | 10 | 1 |
| 26 | 17,4 | 11 | 1011,4 | 11 | 0 | 26 | 17,3 | 0 | 1009,0 | 10 | 1 | 26 | 17,1 | 0 | 1007,8 | 10 | 0 | 26 | 17,8 | 40 | 1010,8 | 10 | 0 |
| 27 | 17,1 | 40 | 1009,2 | 10 | 0 | 27 | 18,1 | 1 | 1010,8 | 10 | 0 | 27 | 17,2 | 0 | 1007,8 | 10 | 0 | 27 | 18,9 | 21 | 1011,2 | 10 | 0 |
| 28 | 18,7 | 10 | 1009,0 | 10 | 0 | 28 | 18,7 | 40 | 1009,7 | 10 | 1 | 28 | 18,2 | 0 | 1007,1 | 10 | 1 | 28 | 17,8 | 11 | 1011,1 | 10 | 0 |
| 29 | 17,3 | 10 | 1009,9 | 10 | 0 | 29 | 17,4 | 0 | 1008,7 | 10 | 0 | 29 | 17,2 | 40 | 1007,8 | 10 | 1 | 29 | 17,8 | 11 | 1009,4 | 10 | 0 |
| 30 | 17,4 | 10 | 1009,5 | 11 | 0 | 30 | 17,8 | 0 | 1010,1 | 10 | 0 | 30 | 18,8 | 11 | 1009,4 | 10 | 1 | 30 | 17,8 | 11 | 1009,4 | 10 | 1 |

Total dari data tersebut yaitu 120 data dengan

- 30 data di Bulan November 2022
- 31 data di Bulan Desember 2022
- 31 data di Bulan Januari 2023
- 28 data di Bulan Februari 2023

Data yang akan digunakan tersebut selanjutnya disimpan di dalam file .txt dengan nama “data” yang isinya sebagai berikut

| File | Edit | Format | View | Help |
|------|------|--------|------|------|
| 29.2 | 38 | 1010.8 | 75 | 3 |
| 29.4 | 73 | 1011.7 | 76 | 6 |
| 28.8 | 70 | 1010.7 | 81 | 4 |
| 29 | 49 | 1012.5 | 79 | 3 |
| 29.1 | 19 | 1012.7 | 79 | 2 |
| 28.4 | 1 | 1012.2 | 78 | 4 |
| 27.3 | 20 | 1011.7 | 80 | 3 |
| 29.2 | 91 | 1011.8 | 76 | 6 |
| 28 | 13 | 1011.3 | 82 | 3 |
| 28.4 | 56 | 1010.2 | 78 | 4 |
| 28.7 | 39 | 1010.2 | 79 | 3 |
| 28.9 | 31 | 1009.2 | 81 | 3 |
| 28.8 | 46 | 1009.8 | 80 | 3 |
| 28.4 | 53 | 1009.6 | 83 | 5 |
| 29.6 | 54 | 1009.8 | 77 | 4 |
| 28.8 | 0 | 1008.9 | 78 | 4 |
| 28.7 | 61 | 1008.5 | 76 | 6 |
| 28.6 | 5 | 1009.2 | 78 | 6 |
| 26.4 | 0 | 1009.7 | 88 | 3 |
| 27.1 | 36 | 1007.9 | 84 | 6 |
| 29.1 | 70 | 1008.4 | 75 | 3 |
| 29.7 | 86 | 1009.0 | 74 | 4 |
| 28.2 | 1 | 1010.1 | 78 | 3 |

Dengan menggunakan program C++ yang sudah dibuat maka akan didapatkan output sebagai berikut

```

E:\Semester 6\Data Mining\PROJECT\FCM.exe
CLUSTERING DATA BMKG DENGAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS

Kelompok 1
1. Vina Amaylia K. (082011233044)
2. Akrom Fuadi (082011233079)

Input nilai-nilai yang dibutuhkan dalam algoritma FCM
>> Masukkan jumlah cluster yang diinginkan : 3
>> Masukkan nilai pangkat yang diinginkan : 2

Akan didapatkan output sebagai berikut,

Data ke-1 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-2 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-3 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-4 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-5 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-6 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-7 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-8 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-9 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-10 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-11 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-12 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-13 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-14 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-15 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-16 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-17 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-18 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-19 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-20 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-21 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-22 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-23 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-24 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-25 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-26 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-27 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-28 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-29 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-30 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-31 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-32 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-33 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-34 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-35 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-36 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-37 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-38 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-39 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-40 tergabung ke dalam cluster : 1

Data ke-71 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-72 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-73 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-74 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-75 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-76 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-77 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-78 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-79 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-80 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-81 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-82 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-83 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-84 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-85 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-86 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-87 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-88 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-89 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-90 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-91 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-92 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-93 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-94 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-95 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-96 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-97 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-98 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-99 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-100 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-101 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-102 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-103 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-104 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-105 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-106 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-107 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-108 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-109 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-110 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-111 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-112 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-113 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-114 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-115 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-116 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-117 tergabung ke dalam cluster : 1
Data ke-118 tergabung ke dalam cluster : 3
Data ke-119 tergabung ke dalam cluster : 2
Data ke-120 tergabung ke dalam cluster : 3
  
```

Analisis dari output yang didapat dari program C++ yaitu

- Cluster 1 :
Anggota dari cluster 1 yaitu data ke 2, 3, 8, 21, 22, 33, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 48, 51, 58, 65, 66, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 83, 106, 108, 110, 111, 112, 113, dan 117.
Cuaca pada cluster 1 rendah, persentase matahari tinggi kisaran 64% - 100%, kelembaban rendah, kecepatan angin lambat tidak melebihi cluster 2 dan 3, suhunya tinggi.
- Cluster 2 :
Anggota dari cluster 2 yaitu data ke 5, 6, 7, 9, 16, 18, 19, 23, 24, 26, 29, 30, 32, 34, 46, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 63, 67, 80, 87, 88, 89, 91, 93, 94, 95, 96, 103, 114, 115, dan 119.

Cuaca pada cluster 2 rata-rata, persentase matahari kurang kisaran 0% - 25%, kelembaban tinggi, kecepatan angin cepat melebihi cluster 1 dan 3, suhunya rendah.

- Cluster 3 :

Anggota dari cluster 3 yaitu data ke 1, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 25, 27, 28, 31, 35, 43, 44, 47, 50, 62, 64, 68, 77, 78, 79, 81, 82, 84, 85, 86, 90, 92, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 107, 109, 116, 118, dan 120.

Cuaca pada cluster 3 tinggi, persentase matahari normal kisaran 26% - 61%, kelembaban normal, kecepatan angin tidak selambat cluster 1 tetapi tidak secepat cluster 2, suhunya rata-rata.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan akan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Langkah-langkah dari algoritma Fuzzy C-Means yaitu
 - a) Menentukan nilai-nilai yang dibutuhkan seperti Jumlah Cluster (c) yaitu 3, Pangkat (w) yaitu 2, Maksimum Iterasi ($MaxIter$) yaitu 100, dan Error terkecil yang diharapkan (ε) yaitu 0,001
 - b) Menentukan nilai random sebagai keanggotaan cluster dengan $0 < x < 1$ dan total setiap baris harus = 1 atau ($C1 + \dots + Cn = 1$)
 - c) Masuk tahap Iterasi
 - Tahap 1, nilai random dari langkah 2 dipangkatkan dengan $w = 2$ & menghitung total miu
 - Tahap 2, data klimatologi bmkg dikalikan dengan nilai setiap cluster dari tahap 1 dan menghitung total
 - Tahap 3, hitung pusat cluster dari total nilai tahap 2 dibagi total miu
 - Tahap 4, hitung fungsi objektif, total fungsi objektif, dan selisih fungsi objektif
(membuat data keanggotaan baru)
 - Tahap 5, hitung matrix partisi U dan hitung total
 - Tahap 6, perhitungan data keanggotaan baru dari matrix partisi Tahap 5 ($L1/LT$)
(iterasi selanjutnya ulangi tahap 1-6 hingga selisih fungsi objektif sudah sesuai dengan ε)
 - d) Menentukan derajat keanggotaan yang diambil dari perhitungan matrix partisi
- Hasil implementasi dari algoritma Fuzzy C-Means untuk clustering data klimatologi dari BMKG dengan menggunakan Borland C++ yaitu

- Cluster 1 :
Anggota dari cluster 1 yaitu data ke 2, 3, 8, 21, 22, 33, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 48, 51, 58, 65, 66, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 83, 106, 108, 110, 111, 112, 113, dan 117.
Cuaca pada cluster 1 rendah, persentase matahari tinggi kisaran 64% - 100%, kelembaban rendah, kecepatan angin lambat tidak melebihi cluster 2 dan 3, suhunya tinggi.
- Cluster 2 :
Anggota dari cluster 2 yaitu data ke 5, 6, 7, 9, 16, 18, 19, 23, 24, 26, 29, 30, 32, 34, 46, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 63, 67, 80, 87, 88, 89, 91, 93, 94, 95, 96, 103, 114, 115, dan 119.
Cuaca pada cluster 2 rata-rata, persentase matahari kurang kisaran 0% - 25%, kelembaban tinggi, kecepatan angin cepat melebihi cluster 1 dan 3, suhunya rendah.
- Cluster 3 :
Anggota dari cluster 3 yaitu data ke 1, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 25, 27, 28, 31, 35, 43, 44, 47, 50, 62, 64, 68, 77, 78, 79, 81, 82, 84, 85, 86, 90, 92, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 107, 109, 116, 118, dan 120.
Cuaca pada cluster 3 tinggi, persentase matahari normal kisaran 26% - 61%, kelembaban normal, kecepatan angin tidak selambat cluster 1 tetapi tidak secepat cluster 2, suhunya rata-rata.

5.2 Saran

Bagi penulis diharapkan lebih teliti dalam proses pengolahan dan perhitungan data menggunakan Notepad yang nanti akan dibaca oleh syntax pada Borland C++ agar dapat meminimalisir kesalahan sehingga hasil yang diperoleh lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bezdek, J. C. (1981). Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms. Plenum Press.
- Dey, S., & Pal, N. R. (2017). Fuzzy C-Means Clustering. In Handbook of Neural Computation (pp. 721-736). Springer.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). Data Mining: Concepts and Techniques (3rd ed.). Morgan Kaufmann.
- Jain, A. K., Murty, M. N., & Flynn, P. J. (1999). Data Clustering: A Review. ACM Computing Surveys, 31(3), 264-323.
- Oliver, J. E. (2005). Encyclopedia of World Climatology. Springer.
- Stroustrup, B. (2014). The C++ Programming Language (4th ed.). Addison-Wesley.
- Situs Resmi BMKG: <https://www.bmkg.go.id/>

LAMPIRAN

```
#include <iostream.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
#include <fstream.h>
#include <string.h>

const int MAX          = 120;
const int MAX_ITER     = 1000;
const double EPSILON = 0.0001;

struct Point {
    double x;
    double y;
};

void initializeMembershipMatrix(double membership[][MAX], int numData,
int numClusters) {
    for (int i = 0; i < numData; i++) {
        for (int j = 0; j < numClusters; j++) {
            membership[i][j] = (double)rand() / RAND_MAX;
        }
    }
}

double calculateDistance(Point p1, Point p2) {
    double distance = sqrt(pow(p1.x - p2.x, 2) + pow(p1.y - p2.y, 2));
    return distance;
}

void fuzzyCMeansClustering(Point data[], int numData, int numClusters,
double fuzziness) {
    double membership[MAX][MAX];
    Point centroids[MAX];
    double prevObjective = 0.0;
    double currObjective = 0.0;
```

```

initializeMembershipMatrix(membership, numData, numClusters);

for (int iter = 0; iter < MAX_ITER; iter++) {
    // Update centroids
    for (int j = 0; j < numClusters; j++) {
        double sumX = 0.0;
        double sumY = 0.0;
        double sumMembership = 0.0;

        for (int i = 0; i < numData; i++) {
            double membershipPower = pow(membership[i][j],
fuzziness);

            sumX += membershipPower * data[i].x;
            sumY += membershipPower * data[i].y;
            sumMembership += membershipPower;
        }

        centroids[j].x = sumX / sumMembership;
        centroids[j].y = sumY / sumMembership;
    }

    // Menghitung Fungsi Objektif
    currObjective = 0.0;
    for (int i = 0; i < numData; i++) {
        for (int j = 0; j < numClusters; j++) {
            double distance = calculateDistance(data[i],
centroids[j]);

            currObjective += pow(membership[i][j], fuzziness) *
pow(distance, 2);
        }
    }

    // Update membership matrix
    for (int i = 0; i < numData; i++) {
        for (int j = 0; j < numClusters; j++) {
            double numerator = calculateDistance(data[i],
centroids[j]);

            double denominatorSum = 0.0;

            for (int k = 0; k < numClusters; k++) {

```

```

        double denominator = calculateDistance(data[i],
centroids[k]);
        denominatorSum += pow(numerator / denominator, 2.0 /
(fuzziness - 1));
    }

    membership[i][j] = 1.0 / denominatorSum;
}

// Cek Pemberhenti
if (abs(currObjective - prevObjective) < EPSILON) {
    break;
}

prevObjective = currObjective;
}

// Output cluster
for (int i = 0; i < numData; i++) {
    int maxCluster = 0;
    double maxMembership = 0.0;

    for (int j = 0; j < numClusters; j++) {
        if (membership[i][j] > maxMembership) {
            maxCluster = j;
            maxMembership = membership[i][j];
        }
    }

    cout << "Data ke-" << i+1 << " tergabung ke dalam cluster : " <<
maxCluster+1 << endl;
}

int main() {
    // Open file notepad (input data)
    ifstream inputFile("data.txt");
    if (!inputFile) {
        cout << "Gagal membuka file input!" << endl;
        return 1;
    }
}

```

```

    }

    Point data[MAX];
    int numData = 0;
    char line[100];

    while (inputFile.getline(line, sizeof(line))) {
        char *token = strtok(line, ",");
        data[numData].x = atof(token);
        token = strtok(NULL, ",");
        data[numData].y = atof(token);
        numData++;
    }

    inputFile.close();

    // Parameter clustering
    int numClusters;
    double fuzziness;

    cout<<"CLUSTERING DATA BMKG DENGAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS\n"<<endl;
    cout<<"Kelompok 1"<<endl;
    cout<<" 1. Vina Amaylia K. (082011233044)"<<endl;
    cout<<" 2. Akrom Fuadi (082011233079)\n"<<endl;

    cout<<"Input nilai-nilai yang dibutuhkan dalam algoritma FCM"<<endl;
    cout<<" >> Masukkan jumlah cluster yang diinginkan :
";cin>>numClusters;
    cout<<" >> Masukkan nilai pangkat yang diinginkan :
";cin>>fuzziness;
    cout<<"\nAkan didapatkan output sebagai berikut,\n"<<endl;

    fuzzyCMeansClustering(data, numData, numClusters, fuzziness);

    getch();
    return 0;
}

```