

**PENENTUAN BANYAK KLASTER OPTIMAL HASIL FUZZY C-MEANS DENGAN METODE
ELBOW PADA KLASIFIKASI KECEMASAN BELAJAR SISWA
(STUDI KASUS: SISWA SMP NEGERI 1 TUBAN DAN SMA NEGERI 1 TUBAN JAWA
TIMUR)**

Sherlyna Nurdiyanti

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: sherlyna.19067@mhs.unesa.ac.id

Dwi Nur Yunianti

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

Penulis Korespondensi: dwiyunianti@unesa.ac.id

Abstrak

Klusterisasi *fuzzy* merupakan konsep pengelompokan data yang mempunyai karakteristik yang sama ke dalam satu kelompok sedangkan data dengan karakteristik berbeda akan membentuk kelompok lain. Ada beberapa macam algoritma *clustering* data, salah satunya adalah *Fuzzy C-Means* (FCM). *Fuzzy C-Means* adalah suatu teknik pengklasteran data yang mana keberadaan tiap-tiap titik data dalam kluster ditentukan oleh nilai keanggotaan. Konsep dasar dari FCM adalah menentukan pusat kluster awal, jika pusat kluster belum akurat maka pusat kluster dan nilai keanggotaan akan diperbaiki secara berulang sampai bergerak menuju lokasi yang tepat.

Penelitian ini bertujuan untuk klasifikasi kecemasan belajar siswa SMP dan SMA menggunakan metode *Fuzzy C-Means* dengan penentuan banyak klaster optimal menggunakan metode *Elbow* dari hasil klasifikasi tersebut. Klasifikasi pada penelitian ini menggunakan tingkat kecemasan belajar siswa. Hasil dari penelitian ini diperoleh banyak klaster optimal sebanyak 3 klaster untuk data siswa SMP dengan tingkat kecemasan yaitu kecemasan rendah, kecemasan sedang, dan kecemasan tinggi dan 5 klaster untuk data siswa SMA dengan tingkat kecemasan yaitu kecemasan sangat rendah, kecemasan rendah, kecemasan sedang, kecemasan tinggi, dan kecemasan panik. Banyak anggota pada klasifikasi kecemasan data SMP adalah 11 siswa dengan kecemasan rendah, 28 siswa dengan kecemasan sedang, dan 24 siswa dengan kecemasan tinggi. Sedangkan banyak anggota pada klasifikasi kecemasan data SMA adalah 19 siswa dengan kecemasan rendah, 15 siswa dengan kecemasan rendah, 3 siswa dengan kecemasan sedang, 8 siswa dengan kecemasan tinggi, 26 siswa dengan kecemasan sangat tinggi.

Kata Kunci: Kecemasan belajar, *Clustering*, *Fuzzy C-Means*, metode *Elbow*.

Abstract

Fuzzy clustering is the concept of grouping data that has the same characteristics into one group while data with different characteristics will form another group. There are several kinds of data clustering algorithms, one of which is Fuzzy C-Means (FCM). Fuzzy C-Means is a data clustering technique in which the presence of each data point in the cluster is determined by the membership value. The basic concept of FCM is to determine the initial cluster center, if the cluster center is not accurate then the cluster center and membership value will be improved iteratively until it moves towards the right location.

This research aims to classify the learning anxiety of junior and senior high school students using the Fuzzy C-Means method by determining the optimal number of clusters using the Elbow method from the classification results. The classification in this study uses the level of student learning anxiety. The results of this study obtained many optimal clusters as many as 3 clusters for junior high school student data with anxiety levels namely low anxiety, moderate anxiety, and high anxiety and 5 clusters for high school student data with anxiety levels namely very low anxiety, low anxiety, moderate anxiety, high anxiety, and panic anxiety. The number of members in the anxiety classification of junior high school data is 11 students with low anxiety, 28 students with moderate anxiety, and 24 students with high anxiety. While many members in the high school data anxiety classification are 19 students with low anxiety, 15 students with low anxiety, 3 students with moderate anxiety, 8 students with high anxiety, 26 students with very high anxiety.

Keywords: Learning anxiety, *Clustering*, *Fuzzy C-Means*, *Elbow method*.

PENDAHULUAN

Kecemasan belajar merupakan perasaan cemas saat belajar yang timbul karena adanya tekanan dan ketidakmampuan menghadapi masalah (Apriani dkk., 2021). Dalam masa pendidikan dan belajar mengajar, kecemasan adalah hal yang biasa terjadi dan dirasakan setiap pelajar terutama bagi pelajar yang berada pada kelas SMP dan SMA. Siswa cenderung merasakan kecemasan belajar pada mata pelajaran yang dianggap sulit salah satunya pada pembelajaran matematika. Pernyataan tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Fadilah (2019) bahwa siswa SMP memiliki tingkat kecemasan belajar yang tinggi dengan presentase 41,5% pada saat mengikuti pembelajaran matematika dan penelitian yang dilakukan Supriatna dan Supriatna dan Zulkarnaen (2019) menunjukkan bahwa siswa SMA mengalami kecemasan belajar yang berlebih saat mengikuti proses pembelajaran matematika.

Kecemasan dengan intensitas yang sangat kuat akan menimbulkan kerugian dan dapat mengganggu keadaan fisik dan psikis individu yang bersangkutan (Mukholil, 2018). Kecemasan belajar juga memiliki beberapa tingkatan sesuai dengan gejala yang dirasakan oleh siswa. Beberapa tingkatan kecemasan belajar tersebut adalah kecemasan sangat rendah, kecemasan rendah, kecemasan sedang, kecemasan tinggi, dan kecemasan sangat tinggi (Haerunnisa dan Imami, 2022).

Menurut penelitian Wardani (2022) mengenai pengaruh kecemasan matematika terhadap hasil belajar siswa SMA dijelaskan bahwa peneliti akan melakukan klasifikasi kecemasan belajar siswa berdasarkan tingkat keemasannya untuk mempermudah guru memahami siswanya. Penelitian ini hanya melakukan klasifikasi kecemasan belajar sebanyak 2 tingkatan yaitu kecemasan tinggi dan kecemasan rendah. Sehingga guru kurang maksimal dalam membantu siswa dalam meningkatkan hasil belajarnya karena klasifikasi yang kurang spesifik. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Haerunnisa dan Imami (2022) bahwa tingkat kecemasan belajar digolongkan menjadi 5 tingkatan. Oleh karena itu, peneliti tertarik melakukan penelitian mengenai penentuan banyak kluster optimal menggunakan

metode *Elbow* dari hasil perhitungan *Fuzzy C-Means* pada klasifikasi kecemasan belajar siswa.

Metode yang digunakan untuk klasifikasi pada penelitian ini adalah *Fuzzy C-Means* (FCM). *Fuzzy C-Means* adalah suatu teknik pengklasteran data yang mana keberadaan tiap-tiap titik data dalam kluster ditentukan oleh derajat keanggotaan. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Benzek pada tahun 1981 (Kusumadewi dan Purnomo, 2004). Konsep dari FCM adalah menentukan pusat kluster yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap kluster. Pada kondisi awal, pusat kluster ini masih belum akurat. Dengan cara memperbaiki pusat kluster dan derajat keanggotaan tiap-tiap titik data secara berulang, maka akan dapat dilihat bahwa pusat kluster akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Hasil yang diperoleh pada perhitungan FCM berupa pusat kluster dan derajat keanggotaan yang diperoleh dari matriks U (Jang dan Gulley, 1997). Metode FCM digunakan pada penelitian ini karena memiliki kelebihan yaitu tingkat akurasi yang tinggi. Hal tersebut dapat dilihat pada penelitian Pramitasari dan Nataliani (2021) mengenai perbandingan clustering dengan algoritma *K-Means* dan *Fuzzy C-Means* yang menunjukkan bahwa hasil akurasi menggunakan algoritma FCM lebih tinggi yaitu sebesar 76%.

Banyak kluster yang akan digunakan disesuaikan dengan uraian penelitian Wardani (2022) dan (Haerunnisa dan Imami (2022) adalah 2, 3, 4, dan 5 karena disesuaikan dengan banyak tingkat kecemasan belajar. Pada FCM penentuan banyak kluster biasanya disesuaikan dengan tujuan penelitian (Pravitasari, 2009). Karena penentuan banyak kluster disesuaikan dengan tujuan penelitian, ada kemungkinan banyak kluster tersebut belum optimal. Oleh karena itu, peneliti melakukan uji optimal penentuan banyak kluster dengan metode *Elbow*. Metode *Elbow* merupakan suatu metode penentuan banyak kluster optimum atau terbaik untuk menghasilkan suatu informasi dengan cara melihat hasil perbandingan antara banyak kluster yang mengalami penurunan terbesar pada suatu titik (Said dkk., 2020).

Siswa yang mengalami kecemasan belajar sebaiknya segera diatasi agar tidak terjadi hal-hal yang merugikan apalagi pada tingkat kecemasan yang tergolong berat. Untuk mempermudah penanganan kecemasan belajar pada siswa penulis

menerapkan algoritma *Fuzzy C-Means* untuk mengklasifikasikan kecemasan belajar menjadi beberapa kelompok. Hasil dari perhitungan FCM akan diolah menggunakan metode untuk uji optimal atau validasi banyak klaster. Dengan demikian, penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul **“Penentuan Banyak Klaster Optimal Hasil *Fuzzy C-Means* dengan Metode *Elbow* pada Klasifikasi Kecemasan Belajar Siswa”**.

KAJIAN TEORI

KECEMASAN BELAJAR

Kecemasan merupakan pengalaman perasaan yang menyakitkan serta tidak menyenangkan. Kecemasan timbul dari reaksi ketegangan-ketegangan dalam atau intern dari tubuh, ketegangan ini akibat suatu dorongan dari dalam atau dari luar dan dikuasai oleh susunan saraf yang otonom. Misalnya, apabila seseorang menghadapi keadaan yang berbahaya dan menakutkan, maka jantungnya akan bergerak lebih cepat, napasnya menjadi sesak, mulutnya menjadi kering dan telapak tangannya berkereringat, reaksi semacam inilah yang kemudian menimbulkan reaksi kecemasan (Agustinus, 1985).

Reaksi kecemasan belajar menurut Agustinus (1985) sesuai dengan pendapat dari Mukholil (2018) gejala kecemasan. Gejala-gejala kecemasan secara umum dapat dibedakan menjadi dua hal, yaitu fisik dan psikis. Gejala fisik kecemasan belajar dapat berupa perasaan tegang, merasa pusing, jantung berdebar, berkeringat berlebihan, gemetar, dan sesak napas. Sedangkan gejala psikis pada kecemasan belajar yaitu gangguan tidur, gangguan mood, bersikap pesimis, mudah khawatir, dan sulit berkonsentrasi (Mukholil, 2018).

Kecemasan belajar yang dialami siswa memiliki tingkat yang sesuai dengan gejala-gejala yang dirasakan oleh siswa. Kecemasan belajar tersebut memiliki 5 (lima) tingkatan yaitu kecemasan sangat rendah, kecemasan rendah, kecemasan sedang, kecemasan tinggi, kecemasan sangat tinggi.

FUZZY C-MEANS

Berdasarkan gejala dan tingkatan kecemasan belajar, peneliti akan melakukan klasifikasi kecemasan belajar menurut tingkat kecemasannya dan menggunakan gejala kecemasan belajar sebagai atribut untuk perhitungan pada metode *Fuzzy C-*

Means. Fuzzy C-Means (FCM) adalah suatu teknik pengklasteran data yang mana keberadaan tiap-tiap titik data dalam suatu klaster ditentukan oleh nilai keanggotaan (Kusumadewi dan Purnomo, 2004). Adapun algoritma dari *Fuzzy C-Means Clustering* menurut Kusumadewi (2004) sebagai berikut:

1. Memasukkan data yang akan di klaster. Data direpresentasikan berupa matriks X berukuran $n \times m$ dengan n banyak data dan m banyak atribut data. x_{ij} merupakan elemen matriks X yang menyatakan data ke- i dan atribut ke- j dengan $i=1,2,\dots,n$ dan $j=1,2,\dots,m$

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

2. Menentukan :
 - a. banyak klaster (c)
 - b. Pangkat (w) = 2
 - c. Maksimum iterasi (MaxIter) = 100
 - d. Error terkecil yang diharapkan (ξ) = 0,00001
 - e. Fungsi objektif awal (P_0) = 0
 - f. Iterasi awal (t_0) = 0

3. Membentuk matriks partisi awal $U = [\mu_{ik}]$ dengan μ_{ik} bernilai antara 0 sampai 1 dan jumlah setiap barisnya sama dengan 1.

Langkah membentuk matriks U dengan membangkitkan bilangan random μ_{ik} , $i = 1,2,\dots,n$; $k = 1,2,\dots,c$ dengan $\mu_{ik} \in [0,1]$ kemudian menghitung,

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

$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_i} \tag{2}$$

4. Menghitung pusat klaster ke- k dan atribut ke- j yaitu V_{kj}

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w \cdot x_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w} \tag{3}$$

dengan $k = 1,2,\dots,c$ dan $j = 1,2,\dots,m$.

Hasil pusat klaster V_{kj} akan disajikan dalam bentuk matriks V seperti berikut.

$$V = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & V_{13} & V_{14} & \dots & V_{1j} \\ V_{21} & V_{22} & V_{23} & V_{24} & \dots & V_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ V_{k1} & V_{k2} & V_{k3} & V_{k4} & \dots & V_{kj} \end{bmatrix}$$

5. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke- t , yaitu P_t dengan $t = 0,1,2,\dots,d$, d merupakan banyak iterasi.

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c ([\sum_{j=1}^m (x_{ij} - V_{kj})^2] (\mu_{ik})^w) \quad (4)$$

6. Menghitung perubahan matriks partisi

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (x_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}} \quad (5)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$ dan $k = 1, 2, \dots, c$

7. Cek kondisi berhenti:

- a. Jika $(|P_t - (P_{t-1})| < \xi)$ atau $(t > \text{MaxIter})$ maka perhitungan selesai;
- b. Jika belum memenuhi kondisi berhenti maka $t = t + 1$ dan ulangi langkah ke-4 (langkah 4).

METODE ELBOW

Hasil yang diperoleh pada perhitungan FCM akan diolah menggunakan metode *Elbow* untuk penentuan banyak kluster optimal. Metode *Elbow* merupakan suatu metode penentuan banyak kluster optimal atau terbaik dari hasil perhitungan *Fuzzy C-Means* dengan cara melihat hasil perbandingan antara banyak kluster yang mengalami penurunan terbesar pada suatu titik (Said dkk., 2020). Penentuan banyak kluster yang optimal pada metode *Elbow* berdasarkan selisih terbesar nilai *Sum of Square Error* (SSE) pada setiap kluster dan pusat titik klusternya mengalami penurunan terbesar pada suatu titik atau membentuk siku jika disajikan dalam grafik (Nurdiana dkk., 2022). *Sum of Square Error* (SSE) adalah perhitungan yang digunakan untuk menghitung jumlah dari seluruh jarak masing-masing data dengan titik pusat klusternya. Nilai SSE dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$SSE = \left(\sqrt{\sum_{k=1}^n \sum_{x_{ij} \in C_k} (x_{ij} - m_{kj})^2} \right)^2 \quad (6)$$

Dimana:

c = banyak kluster, dengan $k = 1, 2, 3, \dots, c$

X_{ij} = data ke- i dan atribut ke- j , dimana $i = 1, 2, \dots, n$

dan $j = 1, 2, \dots, q$ dengan n adalah banyak data dan q adalah banyak atribut

C_k = kluster ke- k

m_k = pusat kluster C_k .

Dalam menentukan banyak kluster optimal digunakan hasil perhitungan SSE dengan langkah yang sesuai pada algoritma metode *Elbow* sebagai berikut.

1. Menetapkan nilai pertama c ,
2. Menambah nilai c sesuai dengan kebutuhan,
3. Menghitung SSE hingga kluster yang ditetapkan,

4. Mengamati nilai SSE yang memiliki selisih terbesar untuk digunakan dalam menetapkan nilai c yang optimal (Nurdiana dkk., 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Data yang digunakan adalah data primer yang diperoleh dari pengisian kuesioner oleh siswa kelas 7 SMP Negeri 1 Tuban sebanyak 63 siswa dan kelas 10 SMA Negeri 1 Tuban sebanyak 71 siswa. Penelitian ini menggunakan 11 variabel berupa 6 gejala fisik kecemasan belajar dan 5 gejala psikis kecemasan belajar yang akan diuraikan pada tabel berikut.

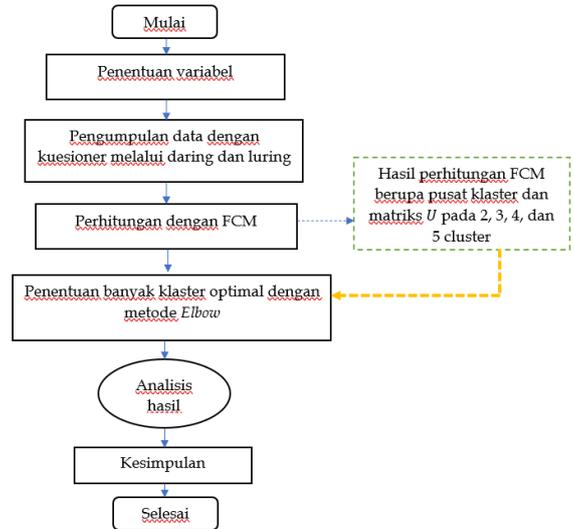
Tabel 1. Variabel Kecemasan Belajar Siswa SMP dan SMA

Variabel	Macam	Indikator
Gejala fisik	Perasaan Tegang	Tegang saat proses belajar dapat berupa perasaan tidak nyaman saat belajar mata pelajaran yang dianggap sulit dan menguras otak
	Merasa Pusing	Siswa menganggap matematika itu sulit dipahami dan menyebabkan serta matematika membuat siswa pusing karena sulit untuk diselesaikan
	Jantung berdebar	Jantung berdebar-debar biasanya dirasakan siswa ketika proses pembelajaran akan dimulai dan dapat terjadi saat akan menjawab soal ujian, mereka merasakan guncangan yang lebih kuat dari biasanya yang berasal dari dalam dada, siswa juga menjadi berfikir lebih keras.
	Berkeringat berlebihan	Pada proses belajar keringat berlebihan dapat terjadi ketika siswa belum memahami materi yang diberikan tetapi guru memberikan soal mengenai materi tersebut dan diberikan batasan waktu.
	Gemetar	Gemetar dapat ditandai ketika siswa harus menyelesaikan soal yang dianggap sulit atau melakukan presentasi di depan kelas
Sesak napas	Pernapasan terasa sulit, tidak nyaman, atau cepat. Biasanya juga merasa napas menjadi pendek dan	

		mencekik. Pada proses belajar sesak napas dapat terjadi ketika guru mengadakan quiz dadakan dengan waktu yang singkat
Gejala psikis	Gangguan tidur	Gangguan pola tidur ini biasanya terjadi ketika siswa akan menghadapi ujian/quiz. Selain itu, belajar yang berlebihan juga dapat memicu terjadinya gangguan tidur.
	Gangguan mood	Perubahan suasana hati yang mulanya senang menjadi sedih, perasaan yang sensitif, dan mudah marah. Perubahan suasana hati terjadi ketika siswa memperoleh nilai yang tidak sesuai dengan yang diharapkan karena mata pelajaran dianggap sulit dan kurang belajar.
	Bersikap pesimis	Merasa putus asa, tidak percaya diri dan tidak ada harapan atas suatu hal yang dihadapi. Siswa biasanya menunjukkan sikap pesimis ketika memahami materi yang dianggap sulit. Selain itu, dapat terjadi ketika menemui kesulitan atau permasalahan dalam belajar dan belum mengetahui solusi pemecahan masalah tersebut.
	Mudah khawatir	Berpikir tentang hal-hal atau masalah yang menyebabkan rasa takut seperti belajar mata pelajaran yang dianggap sulit dan membuat siswa berpikir tidak mampu mempelajarinya. Selain itu, hasil ujian yang telah dilakukan juga membuat siswa khawatir
	Sulit berkonsentrasi	Kesulitan dalam memusatkan perhatian pada suatu objek dalam waktu tertentu, seperti sering melamun dan merasa bosan. Dalam kecemasan belajar hal tersebut dapat berupa, siswa suka melamun, bosan, dan kurang bisa memahami materi karena kurangnya kemampuan berkonsentrasi.

PROSEDUR PENELITIAN

Prosedur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini akan ditampilkan seperti pada alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

Adapun penjelasan secara garis besar mengenai alur penelitian yang akan dilakukan, sebagai berikut:

1. Penentuan variabel

Pada tahap ini, variabel yang akan digunakan adalah 6 gejala fisik dan 5 gejala psikis. Gejala kecemasan tersebut memiliki indikator yang akan menjadi kisi-kisi pernyataan yang digunakan pada kuesioner. Sedangkan pernyataan pada kuesioner akan menjadi atribut yang akan digunakan pada proses perhitungan data dengan FCM.

2. Pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan kuesioner yang disebar secara daring maupun luring. Kuesioner yang disebar secara daring menggunakan *website google form* yang linknya akan dibagikan secara online melalui whatsapp atau sosial media lainnya. Kuesioner yang disebar secara luring akan dicetak dan diisi langsung oleh responden. Data yang diperlukan berupa pendapat responden mengenai kecemasan belajar yang dirasakan ketika proses belajar.

3. Perhitungan dengan FCM

Data yang diperoleh dari kuesioner yang telah disebar akan diolah menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* dengan tahapan perhitungan yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Hasil yang diperoleh pada tahap ini adalah pusat kluster pada 2, 3, 4, dan 5 klaster.

4. Penentuan banyak kluster optimal

Tahap penentuan banyak kluster optimal dilakukan dengan mengolah hasil yang sudah diperoleh pada proses perhitungan menggunakan FCM menggunakan metode *Elbow*. Untuk tahapan pada metode *Elbow* dijelaskan pada bab sebelumnya. Output yang diperoleh dari kedua metode tersebut adalah banyak kluster optimal.

5. Analisis hasil

Pada tahap analisis hasil berisi interpretasi dari hasil yang diperoleh pada tahap pengolahan data. Tahap ini juga menjawab rumusan masalah mengenai penerapan algoritma FCM dan metode *Elbow*.

6. Kesimpulan

Pada tahap ini berisikan kesimpulan dari seluruh proses penelitian yang sudah dilakukan, serta saran untuk penelitian selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PENGUMPULAN DATA

Data yang digunakan adalah data kecemasan belajar siswa SMP dan SMA yang diperoleh melalui pengisian kuesioner dengan 15 pernyataan yang harus diisi oleh siswa sesuai dengan pendapat siswa. Jawaban yang dipilih siswa pada kuesioner disesuaikan dengan skala likert seperti berikut.

Tabel 2. Skala likert

No	Jawaban	Skor
1	Sangat setuju	5
2	Setuju	4
3	Ragu-ragu	3
4	Tidak setuju	2
5	Sangat tidak setuju	1

Pada tabel 4 dan 5 disajikan data kecemasan belajar siswa SMP dan SMA hasil pendapat siswa yang sudah diubah menjadi skor yang disesuaikan dengan skala likert.

Tabel 4. Data kecemasan belajar siswa SMP

Responden ke-	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
1	3	3	5	4	3	4	3	3	3	5	5	3	4	4	5
2	4	3	5	3	5	2	3	1	3	5	5	3	4	5	5
3	4	2	4	2	3	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4
4	4	1	2	2	5	4	2	5	4	5	4	5	5	2	4
5	5	3	3	3	3	4	2	2	4	4	4	4	5	2	5
6	4	2	1	1	3	1	3	1	4	4	3	4	4	3	4
7	1	2	4	1	2	1	1	1	5	5	2	1	1	1	4

PERHITUNGAN FUZZY C-MEANS (FCM)

Pada perhitungan FCM atribut yang digunakan sebanyak 15 atribut yang disajikan pada tabel seperti berikut.

Tabel 3. Atribut kecemasan belajar

No	Atribut	Keterangan
1.	Perasaan tegang ketika memahami materi matematika	A1
2.	Jantung berdebar ketika proses pembelajaran matematika	A2
3.	Berkeringat berlebihan ketika mengerjakan tugas	A3
4.	Perasaan tegang ketika mengerjakan tugas matematika	A4
5.	Gemetar ketika melakukan presentasi	A5
6.	Sesak napas ketika diadakan quiz matematika dadakan	A6
7.	Sulit berkonsentrasi ketika pembelajaran matematika	A7
8.	Gangguan tidur saat akan diadakan ujian matematika	A8
9.	Bersikap pesimis ketika memahami materi matematika	A9
10.	Gangguan mood ketika hasil ujian matematika diumumkan	A10
11.	Bersikap pesimis ketika mengerjakan tugas matematika	A11
12.	Gemetar ketika mengerjakan soal matematika	A12
13.	Mudah khawatir dengan hasil ujian matematika	A13
14.	Sulit berkonsentrasi ketika belajar matematika	A14
15.	Mudah khawatir ketika memahami materi matematika	A15

Data pada tabel 4 dan 5 akan diolah menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* untuk banyak kluster 2, 3, 4, dan 5. Data yang digunakan adalah data kecemasan belajar siswa SMP dan SMA yang disajikan seperti berikut.

PENENTUAN BANYAK KLASTER ...

8	4	2	3	3	4	4	2	2	2	5	4	4	4	2	4
9	3	4	5	3	4	2	5	5	5	5	4	5	5	2	4
10	4	2	3	3	2	2	2	3	4	3	4	3	4	2	4
11	5	2	2	2	4	4	4	2	4	4	5	5	5	4	5
12	3	4	3	3	2	4	3	2	4	4	4	3	3	3	4
13	5	3	4	4	4	5	3	5	5	5	3	3	5	5	5
14	3	2	3	3	2	2	3	2	3	4	4	3	4	3	4
15	2	2	4	2	1	2	4	2	2	4	2	2	2	2	1
16	4	2	2	2	3	3	2	4	2	4	4	4	4	1	4
17	3	2	3	2	3	2	3	2	4	3	3	2	5	1	3
18	3	4	3	4	3	3	4	4	4	3	3	2	4	5	4
19	4	2	4	2	2	2	4	4	4	3	4	2	4	4	4
20	4	2	4	2	2	4	4	4	4	3	4	2	4	4	4
21	4	2	4	2	2	4	4	4	4	3	4	2	4	4	4
22	3	2	4	1	2	1	2	1	2	3	1	2	4	2	3
23	4	4	5	3	2	2	2	3	4	5	4	4	2	2	2
24	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4
25	3	2	2	3	2	4	2	4	3	5	3	2	4	3	5
26	2	2	3	4	4	2	2	2	3	4	3	5	4	3	3
27	2	2	3	2	4	2	1	1	3	2	4	3	4	2	3
28	4	3	5	3	3	2	3	3	3	4	5	3	4	3	5
29	2	2	3	2	3	4	2	2	3	4	5	2	4	3	5
30	4	2	4	2	2	4	2	2	4	5	2	4	4	2	2
31	4	4	3	4	4	5	2	5	2	4	5	5	4	4	4
32	3	2	2	3	3	4	2	2	5	4	4	4	4	3	4
33	4	2	2	2	2	2	2	2	2	5	3	2	2	1	5
34	1	1	1	1	3	2	1	1	3	5	1	1	1	1	4
35	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
36	3	2	2	2	3	4	3	2	3	5	3	3	4	2	5
37	2	2	2	3	3	1	2	1	3	3	3	3	3	2	4
38	4	2	4	2	2	2	4	4	4	2	5	2	4	4	4
39	5	4	2	4	5	5	4	1	2	5	5	5	5	4	5
40	5	4	4	4	3	5	3	3	4	4	4	4	3	3	4
41	4	2	3	2	2	3	2	2	3	4	3	4	4	3	3
42	4	2	4	2	1	3	2	4	4	5	3	3	4	2	2
43	3	2	2	4	2	2	2	4	4	5	4	3	4	2	5
44	4	2	3	3	2	1	3	4	4	5	2	3	4	2	3
45	4	3	2	3	2	3	4	2	2	4	3	1	4	2	4
46	5	2	2	3	1	2	4	2	4	5	4	3	4	2	3
47	5	3	2	4	4	5	4	3	5	4	5	4	5	4	4
48	4	3	5	3	3	4	2	4	3	4	4	3	4	3	4
49	5	4	3	2	1	4	4	5	4	5	4	3	4	2	4
50	4	2	4	2	4	2	4	2	2	4	2	2	4	4	2
51	5	4	5	4	4	4	3	3	5	5	5	3	5	3	5
52	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
53	4	1	1	1	2	4	3	2	5	5	4	2	4	2	4

54	5	4	2	4	4	5	4	3	5	5	5	4	5	3	5
55	4	3	4	2	2	4	3	2	4	4	4	4	4	2	4
56	4	2	2	2	2	2	5	2	4	2	4	2	3	3	4
57	3	3	2	2	3	3	4	3	3	2	3	2	2	4	3
58	4	3	5	4	4	4	4	1	4	5	4	5	5	5	5
59	3	3	3	4	2	3	3	2	2	4	3	3	2	2	3
60	4	2	1	2	4	2	3	4	4	4	4	4	3	2	3
61	4	4	4	4	2	2	2	2	5	4	2	4	4	4	4
62	2	1	3	2	2	2	1	1	3	5	3	3	2	2	2
63	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4

Tabel 5. Data kecemasan belajar siswa SMA

Responden ke-	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
1	5	4	3	3	3	3	5	3	4	3	4	3	4	4	4
2	5	1	1	2	2	4	2	2	4	5	5	3	5	2	5
3	5	3	1	2	4	4	2	5	4	5	5	4	5	1	5
4	4	2	4	2	2	4	3	4	4	5	4	3	5	2	4
5	2	2	4	3	3	4	2	5	4	4	2	2	4	2	2
6	2	2	2	2	2	4	2	4	2	4	4	2	4	2	2
7	4	2	2	3	2	2	4	4	3	5	3	3	4	2	4
8	5	4	5	4	2	4	5	3	5	4	4	5	5	5	5
9	3	3	5	3	2	4	3	4	5	5	5	3	5	4	5
10	3	2	1	3	2	4	2	4	3	4	4	3	4	3	4
11	5	2	5	3	4	4	3	3	4	4	3	4	4	3	4
12	3	4	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
13	5	4	2	3	3	3	5	4	4	5	4	3	4	3	5
14	4	3	3	2	4	3	4	2	4	3	4	5	4	5	3
15	4	3	4	4	2	3	4	4	4	5	4	4	5	4	4
16	4	3	4	3	2	3	2	2	4	5	4	1	4	3	2
17	4	2	4	2	3	4	2	2	3	4	3	3	4	2	4
18	2	1	1	2	1	2	1	1	2	5	3	2	5	1	4
19	5	4	4	4	3	3	4	2	5	3	4	4	5	5	5
20	4	2	3	3	3	2	5	2	4	4	4	3	5	4	5
21	4	4	4	4	2	2	4	2	4	5	4	4	5	2	3
22	4	3	3	3	2	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3
23	4	1	1	3	2	3	3	4	3	4	3	2	4	2	5
24	4	3	5	3	3	5	3	5	4	4	4	3	5	3	4
25	4	1	3	2	2	4	2	3	4	4	4	3	4	1	4
26	4	2	4	3	2	2	3	2	4	3	4	2	4	2	5
27	2	1	4	1	1	4	1	2	4	5	1	1	4	1	5
28	4	3	2	4	3	4	3	2	3	4	4	4	4	3	4
29	3	4	3	3	5	3	3	4	4	4	3	5	4	4	5
30	4	2	4	2	2	4	1	3	4	5	3	2	4	1	3
31	4	2	2	3	4	2	3	4	4	5	5	3	4	5	4
32	4	2	2	4	3	4	5	2	4	2	4	4	2	5	4
33	4	2	1	3	4	2	2	5	3	5	4	3	2	3	5

34	2	1	1	1	2	1	1	1	2	4	1	1	2	1	2
35	4	2	4	2	2	3	3	4	4	5	3	2	4	1	4
36	4	2	3	1	2	2	2	2	4	5	4	3	5	2	2
37	4	1	4	2	1	2	1	5	2	5	2	2	2	1	4
38	4	2	4	2	2	4	4	1	4	4	4	3	3	2	4
39	3	4	5	5	3	5	5	5	4	4	4	5	4	4	5
40	5	1	2	3	4	2	2	4	3	4	4	2	3	4	3
41	4	1	1	1	1	1	3	1	4	2	4	2	2	1	4
42	5	4	5	4	2	4	3	3	4	4	4	4	4	3	5
43	5	2	5	2	1	5	3	2	5	5	3	1	5	1	5
44	5	4	4	4	2	5	4	5	5	5	5	5	5	2	5
45	3	2	2	3	2	5	4	2	4	5	4	4	4	3	4
46	4	2	2	2	2	4	4	5	4	5	4	4	3	1	1
47	2	2	2	3	2	4	2	3	2	5	5	4	4	3	2
48	4	4	2	2	2	4	2	2	4	4	3	2	2	2	2
49	4	2	4	4	5	2	4	2	4	4	4	4	4	2	4
50	4	2	2	2	2	4	4	2	4	4	2	4	4	2	5
51	4	2	2	2	1	1	2	2	4	2	2	1	4	2	1
52	4	1	4	3	5	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4
53	3	2	2	2	2	2	3	2	4	3	2	3	3	3	3
54	1	1	1	1	2	2	1	3	1	3	2	1	1	2	2
55	2	2	2	2	3	2	3	2	3	4	3	3	3	4	2
56	5	2	2	2	2	3	5	2	5	3	5	5	5	2	2
57	4	2	2	2	4	4	2	4	4	4	4	4	4	2	5
58	5	2	4	3	3	5	5	3	3	4	4	4	4	3	4
59	3	2	2	2	2	3	4	3	4	5	4	4	4	2	4
60	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	3	5	4	3
61	4	2	4	3	3	4	4	3	4	4	4	3	3	3	4
62	3	2	2	4	1	3	2	3	4	5	5	2	1	2	4
63	4	3	4	3	3	4	3	4	4	5	4	3	4	2	4

Pada penelitian ini akan diberikan contoh langkah perhitungan FCM untuk banyak kluster 2 pada iterasi ke-1 untuk data kecemasan belajar SMP. Perhitungan FCM pada penelitian ini menggunakan bantuan *software* Matlab. Berikut contoh perhitungan untuk banyak kluster 2 pada data SMP.

1. Memasukkan data yang akan dikluster yaitu X berupa matriks berukuran $n \times m$ dengan n adalah banyak data sebanyak 63 siswa dan m merupakan banyak atribut sebanyak 15 atribut.

$$X = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 5 & 4 & 3 & 4 & \dots & 5 \\ 4 & 3 & 5 & 3 & 5 & 2 & \dots & 5 \\ 4 & 2 & 4 & 2 & 3 & 2 & \dots & 4 \\ 4 & 1 & 2 & 2 & 5 & 4 & \dots & 4 \\ \vdots & \vdots \\ 4 & 2 & 4 & 2 & 4 & 2 & \dots & 4 \end{bmatrix}$$

2. Menentukan :
 - a. Banyak kluster (c) = 2
 - b. Pangkat (w) = 2
 - c. Maksimum iterasi (MaxIter) = 100
 - d. Error terkecil yang diharapkan (ξ) = 0,00001
 - e. Fungsi objektif awal (P_0) = 0
 - f. Iterasi awal (t) = 0
3. Membentuk matriks partisi awal U dengan membangkitkan bilangan random μ_{ik} , $i = 1, 2, \dots, 63$; $k = 1, 2$. Matriks partisi awal U yang dibentuk secara random adalah sebagai berikut.

$$U = \begin{bmatrix} 0,5695 & 0,4305 \\ 0,6154 & 0,3846 \\ 0,1233 & 0,8767 \\ 0,6405 & 0,3595 \\ 0,8014 & 0,1986 \\ 0,4672 & 0,5328 \\ 0,0495 & 0,9505 \\ 0,8798 & 0,1202 \\ 0,7178 & 0,2822 \\ 0,3746 & 0,6254 \\ \vdots & \vdots \\ 0,8274 & 0,1726 \end{bmatrix}$$

Pada setiap baris matriks U harus memenuhi ketentuan bahwa jumlah dari setiap elemen-elemen yang berada dalam satu baris bernilai 1.

4. Menghitung pusat cluster. Pada iterasi ke-1, dengan menggunakan persamaan (3), dapat dihitung 2 pusat cluster V_{kj} dengan $k = 1, 2$ dan $j = 1, 2, \dots, 15$. Sehingga diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut.

Untuk $k = 1$,

$$V_{11} = \frac{(0,57)^2 \cdot 5 + (0,62)^2 \cdot 5 + (0,12)^2 \cdot 5 + \dots + (0,83)^2 \cdot 4}{(0,57)^2 + (0,62)^2 + (0,12)^2 + \dots + (0,83)^2} = 3,69390$$

$$V_{12} = \frac{(0,57)^2 \cdot 4 + (0,62)^2 \cdot 1 + (0,12)^2 \cdot 3 + \dots + (0,83)^2 \cdot 1}{(0,57)^2 + (0,62)^2 + (0,12)^2 + \dots + (0,83)^2} = 2,68027$$

$$\vdots$$

$$V_{1,15} = \frac{(0,57)^2 \cdot 4 + (0,62)^2 \cdot 5 + (0,12)^2 \cdot 5 + \dots + (0,83)^2 \cdot 3}{(0,57)^2 + (0,62)^2 + (0,12)^2 + \dots + (0,83)^2} = 3,96266$$

Untuk $k=2$,

$$V_{11} = \frac{(0,43)^2 \cdot 5 + (0,38)^2 \cdot 5 + (0,88)^2 \cdot 5 + \dots + (0,17)^2 \cdot 4}{(0,43)^2 + (0,38)^2 + (0,88)^2 + \dots + (0,17)^2} = 3,71714$$

$$V_{12} = \frac{(0,43)^2 \cdot 4 + (0,38)^2 \cdot 1 + (0,88)^2 \cdot 3 + \dots + (0,17)^2 \cdot 3}{(0,43)^2 + (0,38)^2 + (0,88)^2 + \dots + (0,17)^2} = 2,64919$$

$$\vdots$$

$$V_{1,15} = \frac{(0,43)^2 \cdot 4 + (0,38)^2 \cdot 5 + (0,88)^2 \cdot 5 + \dots + (0,17)^2 \cdot 3}{(0,43)^2 + (0,38)^2 + (0,88)^2 + \dots + (0,17)^2} = 3,86078$$

Dengan menggunakan langkah perhitungan tersebut, maka diperoleh pusat klaster dalam bentuk matriks V sebagai berikut.

$$V = \begin{bmatrix} 3,6939 & 2,6803 & 3,2733 & \dots & 3,9627 \\ 3,7171 & 2,6492 & 3,2082 & \dots & 3,8608 \end{bmatrix}$$

5. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke-t. Fungsi objektif pada iterasi ke-1 (P_1) dengan banyak klaster 2 dapat dihitung menggunakan persamaan (4) dan diperoleh hasil untuk $i = 1$.

$$P_1 = \sum_{k=1}^2 \left[\sum_{j=1}^{15} (x_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w$$

$$= [(5 - 3,69390)^2(0,3243) + (4 - 2,68027)^2(0,3243) + (3 - 3,27328)^2(0,3243) + \dots + (4 - 3,96266)^2(0,3243)] + [5 - 3,717142(0,1854) + 4 - 2,649192(0,1854) + 3 - 3,208172(0,1854) + \dots + (4 - 3,86078)2(0,1854)]$$

$$= [0,15614 + 0,03315 + 0,96688 + 0,36890 + \dots + 0,34896] + [0,09533 + 0,02281 + 0,59514 + \dots + 0,28575 + 0,24057]$$

$$= 3,38978 + 2,38611$$

$$= 5,77588$$

Dari perhitungan diatas, dapat diperoleh fungsi objektif pada iterasi ke-1 adalah 642,638309

6. Menghitung perubahan matriks partisi
Perubahan matriks partisi baru dapat dihitung menggunakan persamaan (5).

Untuk $i = 1$ dan $k = 1$,

$$\mu_{11} = \frac{[\sum_{j=1}^{15} (x_{1j} - V_{1j})^2]^{-\frac{1}{2-1}}}{\sum_{k=1}^2 [\sum_{j=1}^{15} (x_{1j} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{2-1}}}$$

$$= (5 - 3,69390)^2 + (4 - 2,68027)^2 + \dots + (4 - 3,96266)^2$$

$$/ [(5 - 3,69390)^2 + (4 - 2,68027)^2 + \dots + (4 - 3,96266)^2] + [(5 - 3,71714)^2 + (4 - 2,64919)^2 + \dots + (4 - 3,86078)^2]$$

$$= \frac{10,45306}{23,32651}$$

Untuk $i = 1$ dan $k = 2$,

$$\mu_{12} = \frac{[\sum_{j=1}^{15} (x_{1j} - V_{2j})^2]^{-\frac{1}{2-1}}}{\sum_{k=1}^2 [\sum_{j=1}^{15} (x_{2j} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{2-1}}}$$

$$= (5 - 3,71714)^2 + (4 - 2,64919)^2 + \dots + (4 - 3,86078)^2$$

$$/ [(5 - 3,69390)^2 + (4 - 2,68027)^2 + \dots + (4 - 3,96266)^2] + [(5 - 3,71714)^2 + (4 - 2,64919)^2 + \dots + (4 - 3,86078)^2]$$

$$= \frac{12,87255}{23,32561}$$

$$= 0,5519$$

Dengan contoh perhitungan matriks U baru dengan $i = 1$ dan $k = 1, 2$; dapat dilanjutkan perhitungan untuk $i = 2, 3, \dots, 63$. Dari perhitungan tersebut, diperoleh matriks U yang baru adalah seperti berikut.

$$U = \begin{bmatrix} 0,4481 & 0,5519 \\ 0,4596 & 0,5404 \\ 0,4949 & 0,5051 \\ 0,5112 & 0,4888 \\ 0,4717 & 0,5283 \\ 0,5232 & 0,4768 \\ 0,5316 & 0,4684 \\ 0,4574 & 0,5426 \\ 0,5079 & 0,4903 \\ 0,5713 & 0,4287 \\ \vdots & \vdots \\ 0,4861 & 0,5139 \end{bmatrix}$$

7. Cek kondisi berhenti

Pada langkah ini dilakukan dengan cara:

- a. Jika $(|P_t - (P_{t-1})| < \xi)$ atau $(t > MaxIter)$ maka perhitungan selesai;

- b. Jika belum memenuhi kondisi berhenti maka $t = t + 1$ dan diulangi langkah ke-4

Pada proses perhitungan iterasi ke-1 dengan banyak klaster 2 ini diperoleh $P_1 = 642,638309$ dan $P_0 = 0$ maka

$$|P_1 - P_0| < \xi$$

$$|642,638309 - 0| < 0,00001$$

$$642,638309 > 0,00001$$

Karena $|P_t - (P_{t-1})| > \xi$, perhitungan dilanjutkan ke iterasi selanjutnya sampai diperoleh $(|P_t - (P_{t-1})| < \xi)$ atau $(t > MaxIter)$.

Pada iterasi terakhir dimana iterasi dihentikan karena $|P_t - (P_{t-1})| < \xi$ atau $t > MaxIter$. Dengan menggunakan bantuan *Software Matlab* yang langkahnya disesuaikan dengan algoritma FCM hasil perhitungan FCM dengan $k = 2$ pada data kecemasan belajar kelas 7 siswa SMP dihentikan pada iterasi ke-73. Fungsi objektif yang diperoleh pada perhitungan ini adalah 526,748384, lalu dilakukan cek kondisi berhenti dan diperoleh hasil berikut.

$$|P_{73} - P_{72}| < \xi$$

$$|526,748384 - 526,748393| < 0,00001$$

$$0,000009 < 0,00001$$

Maka, pusat klaster dan matriks U yang diperoleh seperti berikut.

Pusat klaster:

$$V = \begin{bmatrix} 3,8251 & 2,7951 & 3,3484 & \dots & 4,0462 \\ 3,5462 & 2,4248 & 3,0737 & \dots & 3,7711 \end{bmatrix}$$

Matriks U :

$$U = \begin{bmatrix} 0,6064 & 0,3936 \\ 0,5453 & 0,4547 \\ 0,4680 & 0,5320 \\ 0,5287 & 0,4713 \\ 0,5713 & 0,4287 \\ 0,4227 & 0,5773 \\ 0,4359 & 0,5641 \\ 0,5050 & 0,4950 \\ 0,5563 & 0,4437 \\ 0,3953 & 0,6047 \\ \vdots & \vdots \\ 0,4625 & 0,5375 \end{bmatrix}$$

Hasil perhitungan pada banyak klaster 3,4, dan 5 maupun hasil perhitungan pada data kecemasan SMA untuk banyak klaster 2, 3, 4, dan 5 berupa pusat klaster dan matriks U

seperti pada contoh perhitungan FCM data SMP dengan $k=2$.

PENENTUAN KLASTER OPTIMAL

Penentuan banyak klaster optimal pada penelitian ini ditentukan menggunakan metode *Elbow* yang dilakukan dengan cara melihat selisih terbesar nilai *Sum of Square Error* (SSE) pada setiap klaster dan titik klasternya mengalami penurunan terbesar atau membentuk siku jika disajikan dalam grafik. Pada penelitian ini akan ditunjukkan contoh perhitungan SSE pada data SMP dan SMA untuk banyak cluster 2. Sedangkan perhitungan untuk banyak klaster 3, 4, 5, dan 6 akan dilakukan dengan menggunakan bantuan *microsoft excel* yang disesuaikan dengan persamaan (6). Berikut contoh perhitungan nilai SSE data kecemasan belajar SMP untuk banyak klaster 2.

$$SSE = \left(\sqrt{(x_{1j} - m_{1j})^2 + (x_{2j} - m_{1j})^2 + (x_{3j} - m_{2j})^2 + \dots + (x_{63j} - m_{2k})^2} \right)^2$$

$$= \left(\sqrt{[(x_{11} - m_{11})^2 + \dots + (x_{1,15} - m_{12})^2] + \dots + [(x_{63,1} - m_{21})^2 + \dots + (x_{63,15} - m_{2,15})^2]} \right)^2$$

$$= \left(\sqrt{[(3 - 3,5463)^2 + \dots + (5 - 3,7712)^2] + \dots + [(4 - 3,5463)^2 + \dots + (4 - 3,7712)^2]} \right)^2$$

$$= \left(\sqrt{(14,6897) + (22,8869) + (7,46783) + (24,1415) + (10,1085) + \dots + (13,8784)} \right)^2$$

$$= 1219,70$$

Dari contoh perhitungan nilai SSE untuk banyak klaster 2 pada data SMP akan diperoleh hasil perhitungan SSE untuk banyak klaster 3, 4, dan 5 serta hasil perhitungan SSE untuk data SMA akan ditunjukkan pada tabel berikut.

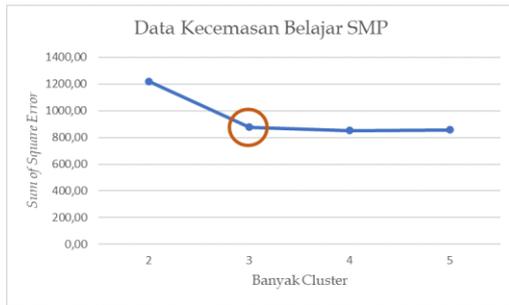
Tabel 6. Nilai SSE Data Kecemasan Belajar SMP

Klaster	SSE	Selisih	Presentase
2	1219,70	-	-
3	877,19	342,51	39%
4	852,17	25,02	3%
5	857,58	5,41	1%

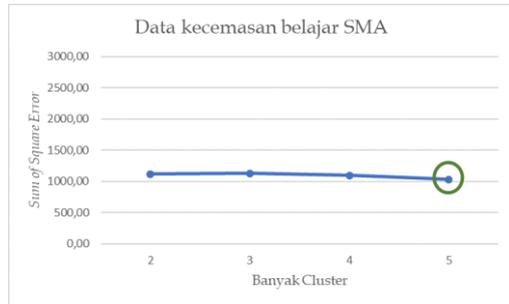
Tabel 7. Nilai SSE Data Kecemasan Belajar SMA

Klaster	SSE	Selisih	Presentase
2	1120,53	-	-
3	1126,93	6,40	1%
4	1094,91	32,02	3%
5	1033,06	61,85	6%

Selain menggunakan tabel, penyajian hasil perhitungan SSE biasanya disajikan dalam bentuk grafik agar dapat dilihat bahwa penurunan terbesar pada suatu titik akan membentuk siku. Adapun grafik hasil nilai SSE pada setiap klaster adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Grafik nilai SSE data SMP



Gambar 3. Grafik nilai SSE data SMA

Dengan mengamati tabel dan grafik, dapat diperoleh banyak kluster optimal adalah 3 kluster dan 5 kluster. Hal tersebut disebabkan karena 3 dan 5 kluster memiliki selisih terbesar. Selain itu, jika diamati pada grafik, titik kluster yang mengalami penurunan terbesar dan membentuk siku adalah 3 kluster. Sedangkan, untuk 5 kluster pada grafik hanya mengalami penurunan terbesar.

KLASIFIKASI

Klasifikasi data kecemasan belajar siswa SMP dapat dilihat dari derajat keanggotaan data terbesar tiap-tiap titik data. Kecemasan belajar siswa diklasifikasikan menurut tingkat kecemasan belajarnya. Pada banyak kluster 3 kecemasan belajar diklasifikasikan menjadi kecemasan rendah, kecemasan sedang, dan kecemasan tinggi. Berdasarkan derajat keanggotaan yang diperoleh dari matriks U untuk $k = 3$ dan $k = 5$, sebanyak 28 siswa termasuk dalam kecemasan rendah, 11 siswa masuk kedalam kecemasan sedang, dan 24 siswa tergolong ke kecemasan tinggi. Sedangkan, Kecemasan belajar siswa SMA diklasifikasikan menurut tingkat kecemasan belajarnya dengan banyak kluster 5. Untuk banyak kluster 5 dapat diklasifikasikan menjadi kecemasan sangat rendah, kecemasan rendah, kecemasan sedang, kecemasan tinggi, kecemasan sangat tinggi. Pada data kecemasan belajar siswa SMA sebanyak 19 siswa masuk kedalam kluster kecemasan sangat rendah, 15

siswa termasuk ke kluster kecemasan rendah, 3 siswa tergolong ke kecemasan sedang, 8 siswa masuk ke dalam kluster kecemasan tinggi. dan 26 siswa termasuk dalam tingkat kecemasan sangat tinggi.

Penelitian ini diperoleh banyak kluster optimal 3 kluster untuk data SMP dan 5 kluster untuk data SMA. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wardani (2022) yang menggunakan klasifikasi dengan 2 tingkatan. Dengan menggunakan banyak kluster 3 dan 5, dapat dilakukan penanganan kecemasan belajar siswa dengan lebih maksimal karena kluster yang digunakan lebih banyak dan spesifik.

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil pembahasan pada penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa penerapan algoritma *Fuzzy C-Means* untuk klasifikasi kecemasan belajar siswa kelas 7 dan 10 di SMP Negeri 1 Tuban dan SMA Negeri 1 Tuban menggunakan banyak kluster sebanyak 2, 3, 4, dan 5 kluster. Hasil klasifikasi menggunakan algoritma FCM adalah pusat kluster dan matriks U yang akan menjadi derajat keanggotaan data pada tiap-tiap titik data. Hasil klasifikasi tersebut diperoleh ketika iterasi berhenti dengan syarat kondisi berhenti yang sesuai dengan langkah terakhir algoritma FCM. Hasil dari klasifikasi menggunakan FCM akan diolah menggunakan metode *Elbow* untuk menentukan banyak kluster yang paling optimal. Banyak kluster optimal yang digunakan pada penelitian ini adalah 3 kluster untuk data SMP dan 5 kluster untuk data SMA. Banyak kluster yang dipilih merupakan banyak kluster optimal untuk klasifikasi kecemasan belajar siswa menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* dengan bantuan metode *Elbow*. Hasil klasifikasi pada data kecemasan belajar siswa SMP dengan banyak kluster 3 adalah sebanyak 11 siswa dengan kecemasan rendah, 28 siswa dengan kecemasan sedang, dan 24 siswa dengan kecemasan tinggi. Adapun hasil klasifikasi data kecemasan belajar siswa SMA dengan banyak kluster 5 adalah 19 siswa dengan kecemasan sangat rendah, 15 siswa dengan kecemasan rendah, 3 siswa dengan kecemasan sedang, 8 siswa dengan kecemasan tinggi, 26 siswa dengan kecemasan sangat tinggi.

SARAN

Berdasarkan penjelasan hasil penelitian, diperoleh bahwa siswa SMP dan SMA memiliki tingkat kecemasan belajar sesuai dengan gejala-gejala yang dirasakan. Oleh karena itu, penulis menyarankan pihak sekolah untuk lebih memperhatikan siswa dan memberikan pembelajaran sesuai dengan tingkat kecemasan yang dirasakan oleh siswa. Selain itu, peneliti juga menyarankan penelitian lanjutan dikembangkan dengan lebih memperhatikan atribut yang dipilih untuk proses klasifikasi dan pemilihan metode untuk proses penentuan banyak klaster optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus, N. (1985). *Phobia*. Rama Press Institue.
- Apriani, Aryani Farida, & Abdul, S. (2021). Hubungan Antara Kecemasan Belajar, Motivasi Belajar Dengan Hasil Belajar Siswa Sekolah Menengah Kejuruan Selama Study From Home Di Kabupaten Bantaeng. *Pinisi Jurnal of Education*, Vol. 1(2), 2. <https://ojs.unm.ac.id/PJE/article/view/27117>
- Fadilah, N. N. (2019). Analisis Tingkat Kecemasan Matematis Siswa SMP. *Prosiding Sesiomadika*, 2(1b), 459–467. <https://journal.unsika.ac.id/index.php/sesiomadika/article/view/2757>
- Haerunnisa, D., & Imami, A. I. (2022). Analisis Kecemasan Belajar Siswa SMP pada Pembelajaran Matematika. *Didactical Mathematics*, 4(1), 23–30. <https://doi.org/10.31949/dm.v4i1.2015>
- Jang, J.-S. R., & Gulley, N. (1997). MATLAB : Fuzzy Logic Toolbook. In *The MathWorks, inc* (version 1). <http://www.mathworks.com/help/fuzzy/functionlist.html>
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan* (edisi 1). Penerbit Graha Ilmu.
- Mukholil. (2018). Kecemasan dalam Proses Belajar. *Eksponen*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.47637/eksponen.v8i1.135>
- Nurdiana, N., Nilogiri, A., & Rahman, M. (2022). Penerapan Algoritma *Fuzzy C-Means* dan Metode *Elbow* untuk Mengelompokkan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Indeks Demokrasi Indonesia. *Jurnal Smart Teknologi*, 3(5), 544–551. <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST>
- Pramitasari, A. E., & Nataliani, Y. (2021). Perbandingan Clustering Karyawan Berdasarkan Nilai Kinerja Dengan Algoritma K-Means Dan Fuzzy C-Means. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 8(3).
- Pravitasari, A. A. (2009). Penentuan Banyak Kelompok dalam Fuzzy C-Means Cluster Berdasarkan Proporsi Eigen Value Dari Matriks Similarity dan Indeks XB (Xie dan Beni). *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY*, 978–979.
- Said, A. R., Arifianto, D., & Al Faruq, H. A. (2020). Pengelompokan Kecamatan Di Kabupaten Jember Berdasarkan Tanaman Pangan Dengan Algoritma Fuzzy C-Means Dan Metode Elbow. *Jurnal Smart Teknologi*, 2(1), 1–12.
- Supriatna, A., & Zulkarnaen, R. (2019). Studi Kasus Tingkat Kecemasan Matematis Siswa SMA. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika Sesiomadika*, 730–735.
- Wardani, N. (2022). Pengaruh Kecemasan Matematika rhadap Hasil Belajar Siswa SMA Kelas X. *Nucleus*, 3(2), 155–161.