BAB 4
IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Implementasi

Implementasi adalah penerapan dari hasil perancangan yang telah dilakukan di tahap analisis dan perancangan. Hasil perancangan diterapkan menjadi sebuah aplikasi untuk implementasi *fuzzy c-means* untuk pengenalan akor. Implementasi yang dilakukan antara lain menerapkan hasil analisis dan perancangan perangkat keras, perangkat lunak dan antarmuka.

4.1.1 Implementasi Perangkat Keras

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan untuk membangun aplikasi ini yaitu sebagai berikut:

1. Processor 2.60 GHz
2. RAM 4 GB
3. Layar dengan resolusi 1366 x 768 pixel
4. *Keyboard* standar
5. *Mouse* standar
6. Alat musik *keyboard* standar
7. *Speaker* standar

4.1.2 Implementasi Perangkat Lunak

Spesifikasi perangkat lunak yang digunakan untuk membangun aplikasi ini sebagai berikut.

1. Sistem Operasi Windows 10
2. Spyder (IDE python)
3. Qt Designer (IDE python)

4.1.3 Implementasi Class

Implementasi class merupakan implementasi dari analisis class pada class diagram. Deskripsi dari implementasi class pada aplikasi yang dibangun dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Implementasi Class

No	Nama Class	Nama File
1	gui_modul_main	gui_modul_main.py
2	gui_modul_collecting_frekuensi	gui_modul_collecting_frekuensi.py
3	gui_modul_fcm	gui_modul_fcm.py
4	gui_modul_pengujian	gui_modul_pengujian.py

4.1.4 Implementasi Antarmuka

Penjelasan antarmuka pada aplikasi untuk implementasi fuzzy c-means clustering untuk pengenalan akor pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Implementasi Antarmuka

No	AntarMuka	Deskripsi
1	ui_modul_collecting_frekuensi.py	Menampilkan tampilan awal atau menu utama program
2	ui_modul_collecting_frekuensi.py	Menampilkan plot sinyal domain waktu, separasi sinyal, dan tabel frekuensi
3	ui_modul_fcm.py	Menampilkan center frekuensi data latih, error function dan plotting 3D
4	ui_modul_pengujian.py	Menginputkan file data uji , dan menampilkan hasil pengenalan akor

4.2 Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengukur parameter yang optimal pada klasifikasi fuzzy c-means dan mengukur tingkat akurasi dari penggunaan minimum error (ξ) dan maksimum iterasi yang optimal serta validitas *fuzzy c-means*.

4.2.1 Skenario Pengujian Black Box

Pengujian black box adalah pengujian perangkat lunak dari aspek fungsional dengan tidak memperhatikan struktur internal dari perangkat lunak yang di uji. Pengetauan khusus mengenai struktru internal dan pemrograman pada umumnya tidak diperlukan dalam pengujian blackbox. Pengujian blackbox dilakukan untuk mengetahui apakah sebuah perangkat lunak sudah berfungsi sesuai dengan yang diharapkan pengguna. Skenario pengujian Black Box dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Skenario Pengujian Black Box

Kasus Uji	Butir Uji	Jenis Pengujian
Collecting Database	Menampilkan nama folder input dan nama folder tempat penyimpanan hasil preprocessing	*Black box*
	Melakukan *preprocessing*	
	Menyimpan hasil *preprocessing*	
Preprocessing	Melakukan normalisasi, *frame blocking, windowing, powering, thresholding, fast fourier transform* dan *detect peaks.*	*Black box*
Pelatihan *Fuzzy C-Means*	Menampilkan folder hasil *preprocessing* dan setting *Fuzzy C-Means*	*Black box*
	Melakukan proses pelatihan *Fuzzy C-Means*	
Menyimpan *center* Akhir	Melakukan pelatihan *Fuzzy C-Means*	*Black Box*
	Menyimpan *center* akhir hasil pelatihan *Fuzzy C-Means*	
Chord Recognition	Menampilkan menu input data uji atau buka *file*	*Black box*
	Melakukan *preprocessing*	
	Menampilkan hasil deteksi akor	

4.2.2 Skenario Pengujian Parameter Fuzzy C-Means

Skenario pengujian untuk mengukur parameter dilakukan untuk mendapatkan nilai yang optimal pada penggunaan minimum error (**ξ)** dan maksimum iterasi pada klasifikasi fuzzy c-means dengan menggunakan 120 data latih dan 21 data uji.

Skenario pengujian maksimum iterasi , skenario tersebut ditampilkan pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Skenario Pengujian Maksimum iterasi

Pengujian	ξ	maksimum iterasi
1	0.001	100
2	0.001	200
3	0.001	250
4	0.001	300
5	0.001	350

Pada pengujian maksimum iterasi akan diketahui nilai maksimum iterasi yang menghasilkan akurasi tertinggi dengan nilai iterasi terendah. Setelah melakukan pengujian terhadap maksimum iterasi maka dilakukan pengujian terhadap minimum error dengan menggunakan nilai maksimum iterasi yang telah di uji sebelumnya. Pada pengujian minimum error akan diketahui nilai minimum error yang menghasilkan akurasi tertinggi. Pengujian parameter menggunakan sampel 3 data uji setelah diketahui parameter optimal, lalu dilakukan pengujian terhadap 18 data uji lainnya.

4.2.3 Skenario Pengujian Validitas Fuzzy C-Means

Pengujian validitas fuzzy c-means dilakukan dengan menggunakan beberapa metode berikut.

4.2.3.1 Partititon Coeficient Index (PCI)

Nilai PCI mengevaluasi nilai derajat keanggotaan, tanpa memandang nilai vektor (data) yang biasanya mengandung informasi geometrik (sebaran data). Nilainya dalam rentang [0,1], nilai yang semakin besar (mendekati 1) mempunyai arti bahwa kualitas cluster yang didapat semakin baik. Berikut formula untuk menghitung PCI.

$$PCI = \frac{1}{N}\left(\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{K} {u_{ij}}^2\right) \quad (4.1)$$

N adalah jumlah data dalam set data, K merupakan jumlah cluster, sedangkan u_{ij} menyatakan nilai keanggotaan data ke-i pada cluster ke-j.

4.2.3.2 Partition Entropy Index (PEI)

PEI mengevaluasi keteracakan data dalam kluster Nilainya dalam rentang [0,1], nilai yang semakin kecil (mendekati 0) mempunyai arti bahwa kualitas cluster yang didapat semakin baik. Berikut formula untuk menghitung PEI.

$$PEI = -\frac{1}{N}\left(\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{K} u_{ij}\ x\ log_2 u_{ij}\right) \quad (4.2)$$

N adalah jumlah data dalam set data, K merupakan jumlah cluster, sedangkan u_{ij} menyatakan nilai keanggotaan data ke-i pada cluster ke-j.

4.2.3.3 Modification Partition Coefficient Index (MPCI)

Modifikasi nilai PCI dilakukan karena PCI dan PEI memiliki kecendrungan monotonik terhadap K. Formula yang digunakan sebagai berikut.

$$MPCI = 1 - \frac{K}{K-1}(1 - PCI) \quad (4.3)$$

Nilai MPCI yang didapat adalah $0 \leq MPCI \leq 1$

4.3 Pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian parameter fuzzy c-means dan pengujian validitas *fuzzy c-means*. Berikut ditampilkan data uji pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Data Uji

No	Akor	Jumlah akor
1	C-F-G-C-F-G	6
2	A#-Cm-Dm-D#-F-Gm	6
3	A-Bm-C#m-D-E-F#m	6
4	B-C#m-D#m-E-F#-G#m	6
5	C#-D#m-Fm-F#-G#-A#m	6
6	C-Dm-Em-F-G-Am	6
7	D#-Fm-Gm-G#-A#-Cm	6
8	D-Em-F#m-G-A-Bm	6
9	E-F#m-G#m-A-B-C#m	6
10	F#-G#m-A#m-B-C#-D#m	6

No	Akor	Jumlah akor
11	F-Gm-Am-A#-C-Dm	6
12	G#-A#m-Cm-C#-D#-Fm	6
13	G-Am-Bm-C-D-Em	6
14	F-Fm-F#-F#m-G-Gm-G#m-G#	8
15	B-Bm-A-Am-A#-A#m-B-Bm	8
16	C-Cm-C#-C#m-B-Bm-D-Dm-D#-D#m-E-Em	12
17	"Let it be" sampai reff 1	50
18	"Creep" sampai reff 1	64
19	"Imagine" sampai reff 1	55
20	"I'm not the only one" sampai reff 1	93
21	"Nothing's gonna change my love for you" sampai reff 1	58

4.3.1 Pengujian *Black Box*

Berdasarkan rencana pengujian sebelumnya, maka dapat dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibangun adalah sebagai berikut.

1. Kasus Uji *Collecting Database*

   Butir pengujian pada *Collecting database* adalah

Tabel 4. 6 Pengujian *Collecting Database*

Kasus dan Hasil Uji			
Instruksi Masukan	**Hasil yang diharapkan**	**Hasil sesuai Uji Kasus**	**Kesimpulan**
Menjalankan *Collecting Database*	Menampilkan nama folder input dan nama folder tempat penyimpanan hasil	Sesuai dengan yang diharapkan	[X] diterima [ ] ditolak
Menjalankan *preprocessing*	Melakukan *preprocessing*	Sesuai dengan yang diharapkan	[X] diterima [ ] ditolak
	Menyimpan hasil preprocessing	Sesuai dengan yang diharapkan	[X] diterima [ ] ditolak

2. *Preprocessing*

Butir pengujian pada *preprocessing* adalah

Tabel 4. 7 Pengujian *Preprocessing*

Kasus dan Hasil Uji			
Instruksi Masukan	**Hasil yang diharapkan**	**Hasil sesuai Uji Kasus**	**Kesimpulan**
Menjalankan *preprocessing*	Melakukan normalisasi, *frame blocking, windowing, powering, thresholding, fast fourier transform* dan *detect peaks.*	Sesuai dengan yang diharapkan	[X] diterima [ ] ditolak

3. Pelatihan *Fuzzy C-Means*

Butir pengujian pada Pelatihan *Fuzzy C-Means* adalah

Tabel 4. 8 Pengujian Pelatihan *Fuzzy C-Means*

Kasus dan Hasil Uji Kasus			
Instruksi Masukan	**Hasil yang diharapkan**	**Hasil sesuai Uji Kasus**	**Kesimpulan**
Menjalankan pelatihan *Fuzzy C-means*	Menampilkan folder hasil *preprocessing* dan *setting Fuzzy C-Means*	Sesuai dengan yang diharapkan	[X] diterima [ ] ditolak
Mengubah atau sesuai *default* parameter *Fuzzy C-Means* Menjalankan proses pelatihan *Fuzzy C-Means*	Melakukan proses pelatihan *Fuzzy C-Means*	Sesuai dengan yang diharapkan	[X] diterima [ ] ditolak

4. Menyimpan Center Akhir

Butir pengujian pada Menyimpan *center* akhir adalah

Tabel 4. 9 Pengujian Menyimpan *Center* Akhir

Kasus dan Hasil Uji Kasus			
Instruksi Masukuan	**Hasil yang diharapkan**	**Hasil sesuai Uji Kasus**	**Kesimpulan**
Menjalankan proses pelatihan *Fuzzy C-Means*	Melakukan pelatihan *Fuzzy C-Means*	Sesuai dengan yang diharapkan	[X] diterima [ ] ditolak
	Menyimpan *center* akhir hasil pelatihan	Sesuai dengan yang diharapkan	[X] diterima [ ] ditolak

5. *Chord Recognition*

Butir pengujian pada *Chord Recognition* adalah

Tabel 4. 10 Pengujian *Chord Recognition*

Kasus dan Hasil Uji Kasus			
Instruksi Masukan	**Hasil yang diharapkan**	**Hasil sesuai Uji Kasus**	**Kesimpulan**
Menjalankan *Chord Recognition*	Menampilkan menu input data uji atau buka *file*	Sesuai dengan yang diharapkan	[X] diterima [ ] ditolak
Menginputkan data uji	Melakukan *preprocessing*	Sesuai dengan yang diharapkan	[X] diterima [ ] ditolak
	Menampilkan hasil deteksi akor	Sesuai dengan yang diharapkan	[X] diterima [ ] ditolak

4.3.2 Pengujian Parameter *Fuzzy c-means*

Pengujian parameter *fuzzy c-means* dilakukan untuk mendapatkan nilai yang optimal pada penggunaan minimum error, dan maksimum epoh dengan menggunakan 120 data latih dan 21 data uji. Sebagai sampel digunakan 3 data uji. Ketika parameter yang optimal telah didapatkan maka 18 data uji sisanya akan di

uji berikutnya. Berikut ini pengujian terhadap maksimum iterasi berdasarkan skenario pengujian.

1. Pengujian Satu

Pada pengujian satu parameter yang digunakan yaitu minimum error (ξ = 0.001) dan maksimum iterasi = 100. Sebagai sampel digunakan 3 data uji. Hasil Pengujian 21 data uji dapat dilihat setelah pengujian parameter dilakukan. Hasil dari pengujian satu terhadap maksimum iterasi ditampilkan pada tabel-tabel berikut.

Akor pada data uji 1 : C-F-G-C-F-G

Tabel 4. 11 Data Uji 1

		Kelas hasil prediksi		
		C	**F**	**G**
Kelas asli	**C**	**2**	0	0
	F	0	**2**	0
	G	0	0	**2**

Akor Data Uji 2 : A#-Cm-Dm-D#-F-Gm

Tabel 4. 12 Data Uji 2

		Kelas hasil prediksi					
		A#	**Cm**	**Dm**	**D#**	**F**	**Gm**
Kelas asli	**A#**	**1**	0	0	0	0	0
	Cm	0	**1**	0	0	0	0
	Dm	0	0	**1**	0	0	0
	D#	0	0	0	**1**	0	0
	F	0	0	0	0	**1**	0
	Gm	0	0	0	0	0	**1**

Akor Data Uji 3 : A-Bm-C#m-D-E-F#m

Tabel 4. 13 Data Uji 3

		Kelas hasil prediksi					
		A	**Bm**	**C#m**	**D**	**E**	**F#m**
Kelas asli	**A**	**1**	0	0	0	0	0
	Bm	0	**1**	0	0	0	0
	C#m	0	0	**1**	0	0	0
	D	0	0	0	**1**	0	0
	E	0	0	0	0	**1**	0
	F#m	0	0	0	0	0	**1**

2. Pengujian dua

Pada pengujian dua parameter yang digunakan yaitu minimum error (ξ = 0.001) dan maksimum iterasi = 200. Hasil dari pengujian dua terhadap maksimum iterasi ditampilkan pada tabel berikut.

Akor pada data uji 1 : C-F-G-C-F-G

Tabel 4. 14 Data Uji 1

		Kelas hasil prediksi		
		C	**F**	**G**
Kelas asli	**C**	**2**	0	0
	F	0	**2**	0
	G	0	0	**2**

Akor Data Uji 2 : A#-Cm-Dm-D#-F-Gm

Tabel 4. 15 Data Uji 2

		Kelas hasil prediksi					
		A#	**Cm**	**Dm**	**D#**	**F**	**Gm**
Kelas asli	**A#**	**1**	0	0	0	0	0
	Cm	0	**1**	0	0	0	0
	Dm	0	0	**1**	0	0	0
	D#	0	0	0	**1**	0	0
	F	0	0	0	0	**1**	0
	Gm	0	0	0	0	0	**1**

Akor Data Uji 3 : A-Bm-C#m-D-E-F#m

Tabel 4. 16 Data Uji 3

		Kelas hasil prediksi					
		A	**Bm**	**C#m**	**D**	**E**	**F#m**
Kelas asli	**A**	**1**	0	0	0	0	0
	Bm	0	**1**	0	0	0	0
	C#m	0	0	**1**	0	0	0
	D	0	0	0	**1**	0	0
	E	0	0	0	0	**1**	0
	F#m	0	0	0	0	0	**1**

3. Pengujian tiga

Pada pengujian parameter yang digunakan yaitu minimum error ($\xi = 0.001$) dan maksimum iterasi = 250. Hasil dari pengujian tiga terhadap maksimum iterasi ditampilkan pada tabel berikut.

Akor pada data uji 1 : C-F-G-C-F-G

Tabel 4. 17 Data Uji 1

		Kelas hasil prediksi		
		C	**F**	**G**
Kelas asli	**C**	**2**	0	0
	F	0	**2**	0
	G	0	0	**2**

Akor Data Uji 2 : A#-Cm-Dm-D#-F-Gm

Tabel 4. 18 Data Uji 2

		Kelas hasil prediksi					
		A#	**Cm**	**Dm**	**D#**	**F**	**Gm**
Kelas asli	**A#**	**1**	0	0	0	0	0
	Cm	0	**1**	0	0	0	0
	Dm	0	0	**1**	0	0	0
	D#	0	0	0	**1**	0	0
	F	0	0	0	0	**1**	0
	Gm	0	0	0	0	0	**1**

Akor Data Uji 3 : A-Bm-C#m-D-E-F#m

Tabel 4. 19 Data Uji 3

		Kelas hasil prediksi					
		A	**Bm**	**C#m**	**D**	**E**	**F#m**
Kelas asli	**A**	**1**	0	0	0	0	0
	Bm	0	**1**	0	0	0	0
	C#m	0	0	**1**	0	0	0
	D	0	0	0	**1**	0	0
	E	0	0	0	0	**1**	0
	F#m	0	0	0	0	0	**1**

4. Pengujian Empat

Pada pengujian parameter yang digunakan yaitu minimum error ($\xi = 0.001$) dan maksimum iterasi = 300. Hasil dari pengujian empat terhadap maksimum iterasi ditampilkan pada tabel berikut.

Akor pada data uji 1 : C-F-G-C-F-G

Tabel 4. 20 Data Uji 1

		Kelas hasil prediksi		
		C	**F**	**G**
Kelas asli	**C**	**2**	0	0
	F	0	**2**	0
	G	0	0	**2**

Akor Data Uji 2 : A#-Cm-Dm-D#-F-Gm

Tabel 4. 21 Data Uji 2

		Kelas hasil prediksi					
		A#	**Cm**	**Dm**	**D#**	**F**	**Gm**
Kelas asli	**A#**	**1**	0	0	0	0	0
	Cm	0	**1**	0	0	0	0
	Dm	0	0	**1**	0	0	0
	D#	0	0	0	**1**	0	0
	F	0	0	0	0	**1**	0
	Gm	0	0	0	0	0	**1**

Akor Data Uji 3 : A-Bm-C#m-D-E-F#m

Tabel 4. 22 Data Uji 3

		Kelas hasil prediksi					
		A	**Bm**	**C#m**	**D**	**E**	**F#m**
Kelas asli	**A**	**1**	0	0	0	0	0
	Bm	0	**1**	0	0	0	0
	C#m	0	0	**1**	0	0	0
	D	0	0	0	**1**	0	0
	E	0	0	0	0	**1**	0
	F#m	0	0	0	0	0	**1**

5. Pengujian Lima

Pada pengujian parameter yang digunakan yaitu minimum error ($\xi = 0.001$) dan maksimum iterasi = 350. Hasil dari pengujian lima terhadap maksimum iterasi ditampilkan pada tabel berikut.

Akor pada data uji 1 : C-F-G-C-F-G

Tabel 4. 23 Data Uji 1

		Kelas hasil prediksi		
		C	**F**	**G**
Kelas asli	**C**	**2**	0	0
	F	0	**2**	0
	G	0	0	**2**

Akor Data Uji 2 : A#-Cm-Dm-D#-F-Gm

Tabel 4. 24 Data Uji 2

		Kelas hasil prediksi					
		A#	**Cm**	**Dm**	**D#**	**F**	**Gm**
Kelas asli	**A#**	**1**	0	0	0	0	0
	Cm	0	**1**	0	0	0	0
	Dm	0	0	**1**	0	0	0
	D#	0	0	0	**1**	0	0
	F	0	0	0	0	**1**	0
	Gm	0	0	0	0	0	**1**

Akor Data Uji 3 : A-Bm-C#m-D-E-F#m

Tabel 4. 25 Data Uji 3

		Kelas hasil prediksi					
		A	**Bm**	**C#m**	**D**	**E**	**F#m**
Kelas asli	**A**	**1**	0	0	0	0	0
	Bm	0	**1**	0	0	0	0
	C#m	0	0	**1**	0	0	0
	D	0	0	0	**1**	0	0
	E	0	0	0	0	**1**	0
	F#m	0	0	0	0	0	**1**

Hasil Pengujian terhadap maksimum iterasi dapat ditampilkan pada tabel 4.26

Tabel 4. 26 Pengujian Maksimum Iterasi

Pengujian	ξ	Maksimum Epoh	True	False	Akurasi
1	0.001	100	3	0	100 %
2	0.001	200	3	0	100 %
3	0.001	250	3	0	100 %
4	0.001	300	3	0	100 %
5	0.001	350	3	0	100 %

Pada tabel 4.26 dengan maksimum iterasi 100 sudah mendapatkan nilai akurasi tertinggi dengan tingkat akurasi sebesar 100 %. Berdasarkan hasil pengujian maksimum iterasi maka nilai parameter yang optimal yaitu pada minimum error (**ξ)** = 0.001 dan maksimum iterasi 100.

Adapun pengujian terhadap penggunaan minimum error (ξ), berikut ini pengujian terhadap minimum error (ξ).

1. Pengujian satu

Pada pengujian satu parameter yang digunakan yaitu minimum error (ξ = 0.1) dan maksimum iterasi = 100. Sebagai sampel digunakan 3 data uji untuk menghitung pengaruh minimum error. Hasil dari pengujian satu terhadap minimum error ditampilkan pada tabel berikut.

Akor pada data uji 1 : C-F-G-C-F-G

Tabel 4. 27 Data Uji 1

		Kelas hasil prediksi		
		C	**F**	**G**
Kelas asli	**C**	**2**	0	0
	F	0	**2**	0
	G	0	0	**2**

Akor Data Uji 2 : A#-Cm-Dm-D#-F-Gm

Tabel 4. 28 Data Uji 2

		Kelas hasil prediksi					
		A#	**Cm**	**Dm**	**D#**	**F**	**Gm**
Kelas asli	**A#**	**1**	0	0	0	0	0
	Cm	0	**1**	0	0	0	0
	Dm	0	0	**1**	0	0	0
	D#	0	0	0	**1**	0	0
	F	0	0	0	0	**1**	0
	Gm	0	0	0	0	0	**1**

Akor Data Uji 3 : A-Bm-C#m-D-E-F#m

Tabel 4. 29 Data Uji 3

		Kelas hasil prediksi					
		A	**Bm**	**C#m**	**D**	**E**	**F#m**
Kelas asli	**A**	**1**	0	0	0	0	0
	Bm	0	**1**	0	0	0	0
	C#m	0	0	**1**	0	0	0
	D	0	0	0	**1**	0	0
	E	0	0	0	0	**1**	0
	F#m	0	0	0	0	0	**1**

2. Pengujian Dua

Pada pengujian satu parameter yang digunakan yaitu minimum error (ξ = 0.01) dan maksimum iterasi = 100. Sebagai sampel digunakan 3 data uji untuk menghitung pengaruh minimum error. Hasil dari pengujian satu terhadap minimum error ditampilkan pada tabel berikut.

Akor pada data uji 1 : C-F-G-C-F-G

Tabel 4. 30 Data Uji 1

		Kelas hasil prediksi		
		C	**F**	**G**
Kelas asli	**C**	**2**	0	0
	F	0	**2**	0
	G	0	0	**2**

Akor Data Uji 2 : A#-Cm-Dm-D#-F-Gm

Tabel 4. 31 Data Uji 2

		Kelas hasil prediksi					
		A#	**Cm**	**Dm**	**D#**	**F**	**Gm**
Kelas asli	**A#**	**1**	0	0	0	0	0
	Cm	0	**1**	0	0	0	0
	Dm	0	0	**1**	0	0	0
	D#	0	0	0	**1**	0	0
	F	0	0	0	0	**1**	0
	Gm	0	0	0	0	0	**1**

Akor Data Uji 3 : A-Bm-C#m-D-E-F#m

Tabel 4. 32 Data Uji 3

		Kelas hasil prediksi					
		A	**Bm**	**C#m**	**D**	**E**	**F#m**
Kelas asli	**A**	**1**	0	0	0	0	0
	Bm	0	**1**	0	0	0	0
	C#m	0	0	**1**	0	0	0
	D	0	0	0	**1**	0	0
	E	0	0	0	0	**1**	0
	F#m	0	0	0	0	0	**1**

3. Pengujian Tiga

Pada pengujian satu parameter yang digunakan yaitu minimum error (ξ = 0.001) dan maksimum iterasi = 100. Sebagai sampel digunakan 78 data uji untuk menghitung pengaruh minimum error. Hasil dari pengujian satu terhadap minimum error ditampilkan pada tabel 4.33 berikut.

Akor pada data uji 1 : C-F-G-C-F-G

Tabel 4. 33 Data Uji 1

		Kelas hasil prediksi		
		C	**F**	**G**
Kelas asli	**C**	**2**	0	0
	F	0	**2**	0
	G	0	0	**2**

Akor Data Uji 2 : A#-Cm-Dm-D#-F-Gm

Tabel 4. 34 Data Uji 2

		Kelas hasil prediksi					
		A#	**Cm**	**Dm**	**D#**	**F**	**Gm**
Kelas asli	**A#**	**1**	0	0	0	0	0
	Cm	0	**1**	0	0	0	0
	Dm	0	0	**1**	0	0	0
	D#	0	0	0	**1**	0	0
	F	0	0	0	0	**1**	0
	Gm	0	0	0	0	0	**1**

Akor Data Uji 3 : A-Bm-C#m-D-E-F#m

Tabel 4. 35 Data Uji 3

		Kelas hasil prediksi					
		A	**Bm**	**C#m**	**D**	**E**	**F#m**
Kelas asli	**A**	**1**	0	0	0	0	0
	Bm	0	**1**	0	0	0	0
	C#m	0	0	**1**	0	0	0
	D	0	0	0	**1**	0	0
	E	0	0	0	0	**1**	0
	F#m	0	0	0	0	0	**1**

4. Pengujian Empat

Pada pengujian satu parameter yang digunakan yaitu minimum error (ξ = 0.0001) dan maksimum iterasi = 100. Sebagai sampel digunakan 78 data uji untuk menghitung pengaruh minimum error. Hasil dari pengujian satu terhadap minimum error ditampilkan pada tabel berikut.

Akor pada data uji 1 : C-F-G-C-F-G

Tabel 4. 36 Data Uji 1

		Kelas hasil prediksi		
		C	**F**	**G**
Kelas asli	**C**	**2**	0	0
	F	0	**2**	0
	G	0	0	**2**

Akor Data Uji 2 : A#-Cm-Dm-D#-F-Gm

Tabel 4. 37 Data Uji 2

		Kelas hasil prediksi					
		A#	**Cm**	**Dm**	**D#**	**F**	**Gm**
Kelas asli	**A#**	**1**	0	0	0	0	0
	Cm	0	**1**	0	0	0	0
	Dm	0	0	**1**	0	0	0
	D#	0	0	0	**1**	0	0
	F	0	0	0	0	**1**	0
	Gm	0	0	0	0	0	**1**

Akor Data Uji 3 : A-Bm-C#m-D-E-F#m

Tabel 4. 38 Data Uji 3

		Kelas hasil prediksi					
		A	**Bm**	**C#m**	**D**	**E**	**F#m**
Kelas asli	**A**	**1**	0	0	0	0	0
	Bm	0	**1**	0	0	0	0
	C#m	0	0	**1**	0	0	0
	D	0	0	0	**1**	0	0
	E	0	0	0	0	**1**	0
	F#m	0	0	0	0	0	**1**

5. Pengujian Lima

Pada pengujian satu parameter yang digunakan yaitu minimum error (ξ = 0.00001) dan maksimum iterasi = 100. Sebagai sampel digunakan 78 data uji untuk menghitung pengaruh minimum error. Hasil dari pengujian satu terhadap maksimum iterasi ditampilkan pada tabel berikut.

Akor pada data uji 1 : C-F-G-C-F-G

Tabel 4. 39 Data Uji 1

		Kelas hasil prediksi		
		C	**F**	**G**
Kelas asli	**C**	**2**	0	0
	F	0	**2**	0
	G	0	0	**2**

Akor Data Uji 2 : A#-Cm-Dm-D#-F-Gm

Tabel 4. 40 Data Uji 2

		Kelas hasil prediksi					
		A#	**Cm**	**Dm**	**D#**	**F**	**Gm**
Kelas asli	**A#**	**1**	0	0	0	0	0
	Cm	0	**1**	0	0	0	0
	Dm	0	0	**1**	0	0	0
	D#	0	0	0	**1**	0	0
	F	0	0	0	0	**1**	0
	Gm	0	0	0	0	0	**1**

Akor Data Uji 3 : A-Bm-C#m-D-E-F#m

Tabel 4. 41 Data Uji 3

		Kelas hasil prediksi					
		A	**Bm**	**C#m**	**D**	**E**	**F#m**
Kelas asli	**A**	**1**	0	0	0	0	0
	Bm	0	**1**	0	0	0	0
	C#m	0	0	**1**	0	0	0
	D	0	0	0	**1**	0	0
	E	0	0	0	0	**1**	0
	F#m	0	0	0	0	0	**1**

Hasil pengujian terhadap minimum error (ξ) ditampilkan pada tabel 4.42 berikut.

Tabel 4. 42 Pengujian Minimum Error

Pengujian	ξ	maksimum epoh	True	False	Akurasi
1	0.1	100	3	0	100 %
2	0.01	100	3	0	100 %
3	0.001	100	3	0	100 %
4	0.0001	100	3	0	100 %
5	0.00001	100	3	0	100 %

Pada Tabel 4.42 penggunaan minimum error yang optimal adalah 0.00001 dengan tingkat akurasi 100 %. Selanjutnya dilakukan dengan menguji 18 data uji lainnya dengan parameter yang telah optimal. Berikut pengujian data uji dari 4 sampai 21.

Data Uji Akor 4 : B-C#m-D#m-E-F#-G#m

Tabel 4. 43 Data Uji 4

		Kelas hasil prediksi					
		B	**C#m**	**D#m**	**E**	**F#**	**G#m**
Kelas asli	**B**	**1**	0	0	0	0	0
	C#m	0	**1**	0	0	0	0
	D#m	0	0	**1**	0	0	0
	E	0	0	0	**1**	0	0
	F#	0	0	0	0	**1**	0
	G#m	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 5 : C#-D#m-Fm-F#-G#-A#m

Tabel 4. 44 Data Uji 5

		Kelas hasil prediksi					
		C#	**D#m**	**Fm**	**F#**	**G#**	**A#m**
Kelas asli	**C#**	**1**	0	0	0	0	0
	D#m	0	**1**	0	0	0	0
	Fm	0	0	**1**	0	0	0
	F#	0	0	0	**1**	0	0
	G#	0	0	0	0	**1**	0
	A#m	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 6 : C-Dm-Em-F-G-Am

Tabel 4. 45 Data Uji 6

		Kelas hasil prediksi					
		C	**Dm**	**Em**	**F**	**G**	**Am**
Kelas asli	**C**	**1**	0	0	0	0	0
	Dm	0	**1**	0	0	0	0
	Em	0	0	**1**	0	0	0
	F	0	0	0	**1**	0	0
	G	0	0	0	0	**1**	0
	Am	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 7 : D#-Fm-Gm-G#-A#-Cm

Tabel 4. 46 Data Uji 7

		Kelas hasil prediksi					
		D#	**Fm**	**Gm**	**G#**	**A#**	**Cm**
Kelas asli	**D#**	**1**	0	0	0	0	0
	Fm	0	**1**	0	0	0	0
	Gm	0	0	**1**	0	0	0
	G#	0	0	0	**1**	0	0
	A#	0	0	0	0	**1**	0
	Cm	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 8 : D-Em-F#m-G-A-Bm

Tabel 4. 47 Data Uji 8

		Kelas hasil prediksi					
		D	**Em**	**F#m**	**G**	**A**	**Bm**
Kelas asli	**D**	**1**	0	0	0	0	0
	Em	0	**1**	0	0	0	0
	F#m	0	0	**1**	0	0	0
	G	0	0	0	**1**	0	0
	A	0	0	0	0	**1**	0
	Bm	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 9 : E-F#m-G#m-A-B-C#m

Tabel 4. 48 Data Uji 9

		Kelas hasil prediksi					
		E	**F#m**	**G#m**	**A**	**B**	**C#m**
Kelas asli	**E**	**1**	0	0	0	0	0
	F#m	0	**1**	0	0	0	0
	G#m	0	0	**1**	0	0	0
	A	0	0	0	**1**	0	0
	B	0	0	0	0	**1**	0
	C#m	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 10 : F#-G#m-A#m-B-C#-D#m

Tabel 4. 49 Data Uji 10

		Kelas hasil prediksi					
		F#	**G#m**	**A#m**	**B**	**C#**	**D#m**
Kelas asli	**F#**	**1**	0	0	0	0	0
	G#m	0	**1**	0	0	0	0
	A#m	0	0	**1**	0	0	0
	B	0	0	0	**1**	0	0
	C#	0	0	0	0	**1**	0
	D#m	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 11 : F-Gm-Am-A#-C-Dm

Tabel 4. 50 Data Uji 11

		Kelas hasil prediksi					
		F	**Gm**	**Am**	**A#**	**C**	**Dm**
Kelas asli	**F**	**1**	0	0	0	0	0
	Gm	0	**1**	0	0	0	0
	Am	0	0	**1**	0	0	0
	A#	0	0	0	**1**	0	0
	C	0	0	0	0	**1**	0
	Dm	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 12 : G#-A#m-Cm-C#-D#-Fm

Tabel 4. 51 Data Uji 12

		Kelas hasil prediksi					
		G#	**A#m**	**Cm**	**C#**	**D#**	**Fm**
Kelas asli	**G#**	**1**	0	0	0	0	0
	A#m	0	**1**	0	0	0	0
	Cm	0	0	**1**	0	0	0
	C#	0	0	0	**1**	0	0
	D#	0	0	0	0	**1**	0
	Fm	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 13 : G-Am-Bm-C-D-Em

Tabel 4. 52 Data uji 13

		Kelas hasil prediksi					
		G	**Am**	**Bm**	**C**	**D**	**Em**
Kelas asli	**G**	**1**	0	0	0	0	0
	Am	0	**1**	0	0	0	0
	Bm	0	0	**1**	0	0	0
	C	0	0	0	**1**	0	0
	D	0	0	0	0	**1**	0
	Em	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 14 : F-Fm-F#-F#m-G-Gm-G#m-G#

Tabel 4. 53 Data Uji 14

		Kelas hasil prediksi							
		F	**Fm**	**F#**	**F#m**	**G**	**Gm**	**G#m**	**G#**
Kelas asli	**F**	**1**	0	0	0	0	0	0	0
	Fm	0	**1**	0	0	0	0	0	0
	F#	0	0	**1**	0	0	0	0	0
	F#m	0	0	0	**1**	0	0	0	0
	G	0	0	0	0	**1**	0	0	0
	Gm	0	0	0	0	0	**1**	0	0
	G#m	0	0	0	0	0	0	**1**	0
	G#	0	0	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 15 : B-Bm-A-Am-A#-A#m-B-Bm

Tabel 4. 54 Data Uji 15

		Kelas hasil prediksi					
		B	**Bm**	**A**	**Am**	**A#**	**A#m**
Kelas asli	**B**	2	0	0	0	0	0
	Bm	0	2	0	0	0	0
	A	0	0	1	0	0	0
	Am	0	0	0	1	0	0
	A#	0	0	0	0	1	0
	A#m	0	0	0	0	0	1

Data Uji Akor 16 : C-Cm-C#-C#m-B-Bm-D-Dm-D#-D#m-E-Em

Tabel 4. 55 Data Uji 16

		Kelas hasil prediksi											
		C	**Cm**	**C#**	**C#m**	**B**	**Bm**	**D**	**Dm**	**D#**	**D#m**	**E**	**Em**
Kelas asli	**C**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cm	0	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C#	0	0	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C#m	0	0	0	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	**1**	0	0	0	0	0	0	0
	Bm	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0	0	0	0
	D	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0	0	0
	Dm	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0	0
	D#	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0
	D#m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0
	Em	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 17 : “Let it be”

: C-C-G-G-Am-Am-Am-Am-F-C-C-G-G-F-C-Dm-C
C-C-G-G-Am-Am-Am-Am-F-C-C-G-G-F-C-Dm-C
C-C-Am-Am-G-G-F-F-C-C-G-G-F-C-Dm-C

Tabel 4. 56 Data Uji 17

		Kelas hasil prediksi				
		C	**G**	**Am**	**F**	**Dm**
Kelas asli	**C**	**18**	0	0	0	0
	G	0	**12**	0	0	0
	Am	0	0	**10**	0	0
	F	0	0	0	**7**	0
	Dm	0	0	0	0	**3**

Data Uji Akor 18 : “Creep”

: G- G- G- G- G- G- G-G-B- B- B- B- B- B- B- B
C-C-C-C-C-C-C-C-Cm-Cm-Cm-Cm-Cm-Cm-Cm-Cm
G- G- G- G- G- G- G-G-B- B- B- B- B- B- B- B
C-C-C-C-C-C-C-C-Cm-Cm-Cm-Cm-Cm-Cm-Cm-Cm

Tabel 4. 57 Data Uji 18

		Kelas hasil prediksi			
		G	**B**	**C**	**Cm**
Kelas asli	**G**	**16**	0	0	0
	B	0	**16**	0	0
	C	0	0	**16**	0
	Cm	0	0	0	**16**

Data Uji Akor 19 : “Imagine”

: C-C-C-Em-F-F-F- C-C-C-Em-F-F-F
C-C-C-Em-F-F-F- C-C-C-Em-F-F-F
C-C-C-Em-F-F-F- C-C-C-Em-F-F-F
F-F-Am-Am-Dm-Dm-Dm-Dm-F-F-F-F-G

Tabel 4. 58 Data Uji 19

		Kelas hasil prediksi					
		C	**Em**	**F**	**Am**	**Dm**	**G**
Kelas asli	**C**	**18**	0	0	0	0	0
	Em	0	**6**	0	0	0	0
	F	0	0	**24**	0	0	0
	Am	0	0	0	**2**	0	0
	Dm	0	0	0	0	**4**	0
	G	0	0	0	0	0	**1**

Data Uji Akor 20 : “I’m not the only one”

: F-F-F-F-A-A-Dm-A#- F-F-F-F-A-A-Dm-A#
F-F-F-F-A-A-Dm-A#- F-F-F-F-C-C-F
F-F-F-F-A-A-Dm-A#- F-F-F-F-A-A-Dm-A#
F-F-F-F-A-A-Dm-A#- F-F-F-F-C-C-F
F-F-F-F-A-A-Dm-A#- F-F-F-F-A-A-Dm-A#
F-F-F-F-A-A-Dm-A#- F-F-F-F-C-C-F

Tabel 4. 59 Data Uji 20

		Kelas hasil prediksi				
		F	**A**	**Dm**	**A#**	**C**
Kelas asli	**F**	**51**	0	0	0	0
	A	0	**18**	0	0	0
	Dm	0	0	**9**	0	0
	A#	0	0	0	**9**	0
	C	0	0	0	0	**6**

Data Uji Akor 21 : “Nothing’s gonna change my love for you”

: C-G-Am-Em-F-C-Dm-G- C-G-Am-Em-F-C-Dm-G
F-C-Dm-Am-F-C-Dm-Am-G
C-C-F-F-G-G-E-E-Am-Am-D-D-F-F-G-G
C-C-F-F-G-G-E-E-Am-Am-D-D-F-F-G-G-C

Tabel 4. 60 Data Uji 21

		Kelas hasil prediksi							
		C	**G**	**Am**	**Em**	**F**	**Dm**	**E**	**D**
Kelas asli	**C**	**11**	0	0	0	0	0	0	0
	G	0	**13**	0	0	0	0	0	0
	Am	0	0	**8**	0	0	0	0	0
	Em	0	0	0	**2**	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	**12**	0	0	0
	Dm	0	0	0	0	0	**4**	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	**4**	0
	D	0	0	0	0	0	0	0	**4**

Hasil Pengujian data uji dengan parameter *fuzzy c-means* minimum error = 0.00001 dan maksimum iterasi 100 ditunjukkan pada tabel 4.61 berikut.

Tabel 4. 61 Hasil Pengujian Data Uji

Data Uji	**True**	**False**	**Akurasi**
1	6	0	100 %
2	6	0	100 %
3	6	0	100 %
4	6	0	100 %
5	6	0	100 %
6	6	0	100 %
7	6	0	100 %
8	6	0	100 %
9	6	0	100 %
10	6	0	100 %
11	6	0	100 %
12	6	0	100 %
13	6	0	100 %
14	8	0	100 %

Data Uji	True	False	Akurasi
15	8	0	100 %
16	12	0	100 %
17	50	0	100 %
18	64	0	100 %
19	55	0	100 %
20	93	0	100 %
21	58	0	100 %

Berdasarkan tabel hasil pengujian 21 data uji maka dapat disimpulkan *fuzzy c-means* dengan maksimum iterasi 100 dan minimum error 0.00001 dapat mendeteksi akor yang berurutan.

4.3.3 Pengujian Validitas *Fuzzy c-means*

Berdasarkan rencana pengujian maka dapat dilakukan pengujian Validitas *Fuzzy c-means* sebagai berikut.

4.3.3.1 Partition Coefficient Index (PCI)

PCI dihitung menggunakan persamaan (4.1) dengan menghitung kuadrat setiap nilai keanggotaan data pada setiap cluster kemudian menjumlahkannya. Perhitungannya sebagai berikut.

Tabel 4. 62 Hasil Clustering

Data	Derajat Keanggotaan Iterasi Terakhir						
	U_{i0}	U_{i1}	U_{i2}	U_{i3}	…	U_{i22}	U_{i23}
1	0.000053	0.000113	0.000057	0.000006	…	0.000022	0.000018
2	0.000007	0.000015	0.000008	0.000001	…	0.000003	0.000002
3	0.000031	0.000066	0.000032	0.000004	…	0.000012	0.000010
4	0.000071	0.000154	0.000077	0.000009	…	0.000029	0.000024
5	0.000029	0.000063	0.000031	0.000004	…	0.000012	0.000010
6	0.000057	0.000046	0.000088	0.000025	…	0.000043	0.000052
…	…	…	…	…	…	…	…
119	0.000031	0.000037	0.000021	0.000007	…	0.000013	0.000012
120	0.000018	0.000022	0.000012	0.000004	…	0.000007	0.000007

Tabel 4. 63 Perhitungan PCI

Data	Perhitungan PCI				
	$U_{i0}{}^2$	$U_{i1}{}^2$	…	$U_{i22}{}^2$	$U_{i23}{}^2$
1	0.00000000279	0.00000001279	…	0.00000000047	0.00000000031
2	0.00000000005	0.00000000023	…	0.00000000001	0.00000000001
3	0.00000000093	0.00000000430	…	0.00000000015	0.00000000010
4	0.00000000510	0.00000002369	…	0.00000000086	0.00000000057
5	0.00000000084	0.00000000391	…	0.00000000014	0.00000000009
6	0.00000000326	0.00000000209	…	0.00000000184	0.00000000272
…	…	…	…	…	…
119	0.00000000096	0.00000000135	…	0.00000000016	0.00000000014
120	0.00000000034	0.00000000048	…	0.00000000006	0.00000000005
				Jumlah	119.523035

$$PCI = \frac{1}{N}\left(\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{K} {u_{ij}}^2\right) = \frac{1}{120}\ (\ 119.523035) = 0.996025291)$$

Hasil PCI 0. 996025291 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa kualitas dari cluster baik.

4.3.3.2 Partition Entropy Index (PEI)

PEI dihitung dengan persamaan (4.2) dengan menghitung perkalian antara nilai keanggotaan data pada setiap cluster dengan log 2 darinya kemudian menjumlahkannya. Perhitungannya sebagai berikut.

Tabel 4. 64 Perhitungan PEI

Data	Perhitungan PEI				
	$U_{i0}\ x\ log_2 u_{i0}$	$U_{i1}\ x\ log_2 u_{i1}$		$U_{i22}\ x\ log_2 u_{i22}$	$U_{i23}\ x\ log_2 u_{i23}$
1	-0.000750913328	-0.001482420767	…	-0.000334594368	-0.000279176512
2	-0.000121112376	-0.000243237431	…	-0.000053009058	-0.000044109330
3	-0.000458306372	-0.000911204593	…	-0.000200557209	-0.000167528490
4	-0.000983524893	-0.001949250014	…	-0.000440782399	-0.000367368822
5	-0.000437327645	-0.000872996262	…	-0.000192481127	-0.000160499842
…	…	…	…	…	…
119	-0.000463654530	-0.000542064647	…	-0.000203975538	-0.000192700737
120	-0.000290085451	-0.000339054920	…	-0.000127263286	-0.000120234499
				Jumlah	**-2.850026823318**

$PEI = -\frac{1}{N}\left(\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{K} u_{ij}\ x\ log_2 u_{ij}\right) = -\frac{1}{120}\ (-2.850026823318) = 0.02375$

Dari hasil di atas dapat dilihat hasil mendekati nol, maka kualitas kluster berdasarkan keteracakan data sudah baik.

4.3.3.3 Modification Partition Coefficient Index (MPCI)

MPCI menghitung menggunakan persamaan (4.3) . Perhitungannya sebagai berikut.

$$MPCI = 1 - \frac{K}{K-1}\ (1 - PCI) = 1 - \frac{24}{24-1}\ (1 - 0.\ 996025291)$$
$$= 0.995852478$$

Dari hasil di atas dapat dilihat hasil mendekati satu, yang berarti kualitas dari cluster dengan mempertimbangkan faktor jumlah kluster (K) sudah baik.

4.4 Kesimpulan dan Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan pengujian parameter maksimum iterasi, minimum error pada *fuzzy c-means*, dan pengujian validitas *fuzzy c-means*, maka dapat disimpulkan bahwa sistem dapat mengenali akor dengan kombinasi Parameter *Fuzzy c-means*, minimum error (**ξ)** = 0.00001 dan maksimum iterasi 100. Nilai minimum error merupakan nilai galat, dan nilai maksimum iterasi menandakan untuk mendapatkan akurasi terbaik dibutuhkan iterasi maksimal 100 kali. Pada pengujian validitas *Fuzzy c-means* didapat nilai uji *Partition Coefficient Index* (PCI) adalah 0. 996025291, yang berarti kualitas cluster nilai derajat keanggotaan sudah tepat yaitu mendekati 1. Nilai uji *Partition Entropy Index* (PEI) adalah 0.02375 menandakan bahwa evaluasi keteracakan data pada cluster sudah tersebar dengan baik, yaitu mendekati 0. Nilai uji Modifikasi PCI = 0.995852478 yang berarti dapat mengatasi kecendrungan monotonik jumlah cluster pada PCI dan PEI. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *Fuzzy c-means* dapat mengenali akor secara berurutan.