

**PENERAPAN METODE FUZZY C-MEANS
UNTUK PENGELOMPOKAN DAERAH
RAWAN KECELAKAAN LALU LINTAS
DI KAB GORONTALO**

Oleh
FIQRIAWAN
T3121091

SKRIPSI

Untuk memenuhi salah satu syarat ujian
guna memperoleh gelar sarjana



**PROGRAM SARJANA
TEKNIK INFORMATIKA
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
GORONTALO
2025**

PERSETUJUAN SKRIPSI

**PENERAPAN METODE FUZZY C-MEANS
UNTUK PENGELOMPOKAN DAERAH
RAWAN KECELAKAAN LALU LINTAS
DI KAB GORONTALO**

Oleh
FIQRIAWAN
T3121091

SKRIPSI

Untuk memenuhi salah satu syarat ujian
guna memperoleh gelar sarjana
Program Studi Teknik Informatika,
ini telah disetujui oleh Tim Pembimbing

Gorontalo, Februari 2025

Pembimbing I



Muis Nanja, M. Kom
NIDN: 0905078703

Pembimbing II



Kartika Chandri Pelangi, M. Kom
NIDN: 0916038304

PENGESAHAN SKRIPSI

PENERAPAN METODE FUZZY C-MEANS UNTUK PENGELOMPOKAN DAERAH RAWAN KECELAKAAN LALU LINTAS DI KAB GORONTALO

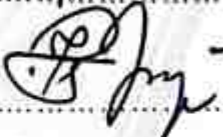
Oleh
FIQRIAWAN
T3121091

Diperikasa Oleh Panitia Ujian Strata Satu (S1)
Universitas Ichsan Gorontalo

1. Ketua Penguji
Haditsah Annur, M. Kom
2. Anggota
Sudirman S. Panna, M. Kom
3. Anggota
Yulianty Lasena, M. Kom
4. Anggota
Muis Nanja, M. Kom
5. Anggota
Kartika Chandra Pelangi, M. Kom


.....

.....

.....

.....

Mengetahui


Dekan Fakultas Ilmu Komputer

Ibrahim Salihi, M.Kom
NIDN : 0918077302


Ketua Program Studi

Sudirman S. Panna, M.Kom
NIDN : 0924038025

PERNYATAAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis (Skripsi) saya ini adalah asli dan belum pernah di ajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana) baik di Universitas Ichsan Gorontalo maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis (Skripsi) saya ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dari Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis (Skripsi) saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis di cantumkan sebagai acuan/sitasi dalam naskah dan dicantumkan pula dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma-norma yang berlaku di Universitas Ichsan Gorontalo.

Kota,

Yang Membuat Pernyataan

 **Fiqriawan**

ABSTRACT

FIQRIAWAN. T3121091. APPLICATION OF FUZZY C-MEANS METHOD FOR GROUPING TRAFFIC ACCIDENT-PRONE AREAS IN GORONTALO REGENCY

This study aims to group traffic accident-prone areas in Gorontalo Regency using the Fuzzy C-Means method. It expects to help related parties in taking more effective policies in accident mitigation efforts. The data used in this study include the location of the incident, the number of accidents, and the number of fatalities, serious injuries, and minor injuries from 2020 to 2024, obtained from the Gorontalo Regency Police Traffic Unit. The Fuzzy C-Means method is chosen because it can group data based on risk levels with a flexible approach. The method's implementation is carried out in a website-based system using PHP with the CodeIgniter 4 framework. This system allows users to input accident data and automatically carry out the clustering process. The results of the study show that from 89 urban villages/villages analyzed, the areas are grouped into three categories: C1 (Quite Vulnerable) with 32 areas, C2 (Vulnerable) with 15 areas, and C3 (Safe) with 42 areas. Each cluster is determined based on the highest degree of membership in each area.

Keywords: *Fuzzy C-Means, clustering, traffic accidents, vulnerable areas, Gorontalo Regency*

ABSTRAK

FIQRIAWAN. T3121091. PENERAPAN METODE FUZZY C-MEANS UNTUK PENGELOMPOKAN DAERAH RAWAN KECELAKAAN LALU LINTAS DI KABUPATEN GORONTALO

Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan daerah rawan kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Gorontalo menggunakan metode *Fuzzy C-Means*. Dengan adanya pengelompokan ini, diharapkan dapat membantu pihak terkait dalam mengambil kebijakan yang lebih efektif dalam upaya mitigasi kecelakaan. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup lokasi kejadian, jumlah kecelakaan, serta jumlah korban meninggal dunia, luka berat, dan luka ringan pada periode 2020 sampai 2024, yang diperoleh dari Satlantas Polres Kabupaten Gorontalo. Metode *Fuzzy C-Means* dipilih karena mampu mengelompokkan data berdasarkan tingkat risiko dengan pendekatan yang fleksibel. Implementasi metode ini dilakukan dalam sebuah sistem berbasis *website* menggunakan *PHP* dengan *framework CodeIgniter* 4. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk menginput data kecelakaan dan melakukan proses clustering secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 89 kelurahan/desa yang dianalisis, wilayah dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori: C1 (Cukup Rawan) dengan 32 daerah, C2 (Rawan) dengan 15 daerah, dan C3 (Aman) dengan 42 daerah. Penentuan setiap *cluster* dilakukan berdasarkan derajat keanggotaan tertinggi masing-masing wilayah.

Kata kunci: *Fuzzy C-Means*, *clustering*, kecelakaan lalu lintas, daerah rawan, kabupaten Gorontalo

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Penerapan Metode *Fuzzy C-Means* Untuk Pengelompokan Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Di Kabupaten Gorontalo", untuk memenuhi salah satu syarat Ujian Akhir Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Ichsan Gorontalo.

Penulis Menyadari sepenuhnya skripsi ini tidak mungkin terwujud tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, baik bantuan moril maupun materil. Untuk itu, dengan segala keikhlasan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. Abdul Gaffar Latjokke, M. Si, selaku ketua yayasan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (YPIPT) Ichsan Gorontalo;
2. Ibu Dr. Hj. Juriko Abdussamad, M. Si, Selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo;
3. Bapak Irvan Abraham Salihi M. Kom, Selaku dekan fakultas ilmu komputer universitas ichsan gorontalo;
4. Bapak Sudirman Melangi M. Kom, Selaku pembantu Dekan I Bidang Akademik Fakultas Ilmu Komputer Universitas Ichsan Gorontalo;
5. Ibu Irma Surya Kumala M. Kom, Selaku Pembantu Dekan II Bidang Administrasi Umum dan keuangan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Ichsan Gorontalo;
6. Bapak Muis Nanja, M. Kom, Selaku Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan.
7. Ibu Kartika Chandra Pelangi, M. Kom, Selaku Pembimbing Pendamping yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan
8. Bapak dan Ibu Dosen Universitas Ichsan Gorontalo yang telah mendidik dan mengajarkan berbagai disiplin ilmu kepada penulis;
9. Kepada kedua orang tua saya tercinta, Ayah Syamsu Rizal Udin dan Ibu Rosna S. Togian, yang telah menjadi sumber kekuatan dan inspirasi dalam setiap langkah kehidupan saya. Terima kasih yang tak terhingga atas segala kasih sayang, pengorbanan, nasihat, dan doa yang tiada henti, serta jerih payah dalam

membesarkan dan mendidik penulis dengan penuh kesabaran dan cinta. Tanpa restu dan dukungan kalian, skripsi ini takkan pernah terwujud.

10. Rekan-rekan seperjuangan yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan moril yang sangat besar pada penulis;
11. Calon istri saya, Septiyani Biki, yang telah menjadi sumber semangat, ketenangan, serta banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan penuh kesabaran dan pengertian
12. Kepada semua pihak yang ikut membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tak sempat penulis sebutkan satu-persatu

Semoga Allah, SWT melimpahkan balasan atas jasa-jasa mereka kepada kami. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa apa yang telah dicapai ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang konstruktif. Akhirnya penulis berharap semoga hasil yang telah dicapai ini bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Gorontalo, Oktober 2024

Fiqriawan

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN SKRIPSI	iv
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Studi	6
2.2 Tinjauan Pustaka	8
2.2.1 Kecelakaan Lalu lintas	8
2.2.2 Data Mining	8
2.2.3 <i>Clustering</i>	11
2.2.4 <i>Fuzzy C-Means</i>	12
2.2.5 Penerapan Metode Fuzzy C-Means	14
2.2.6 Siklus Hidup Pengembangan Sistem	24
2.2.7 Perencanaan Sistem	24
2.2.8 Analisis Sistem	25

2.2.9	Desain Sistem	30
2.2.10	Kontruksi Sistem	32
2.2.11	Pengujian Sistem	32
2.2.12	<i>White Box Testing</i>	32
2.2.13	<i>Black Box Testing</i>	35
2.3	Perangkat Lunak Pendukung	36
2.4	Kerangka Pikir	37
BAB III METODE PENELITIAN		38
3.1	Jenis, Metode, Subjek, Objek, Waktu, dan Lokasi Penelitian	38
3.2	Pengumpulan data	38
3.3	Penerapan Metode Fuzzy C-Means	39
3.4	Pengembangan Sistem	40
3.4.1	Analisis Sistem	40
3.4.2	Desain Sistem	41
3.4.3	Kontruksi Sistem	41
3.4.4	Pengujian Sistem	41
BAB IV HASIL PENELITIAN		43
4.1	Hasil Pengumpulan Data	43
4.2	Hasil Pemodelan	44
4.2.1	Analisis Data Kecelakaan	44
4.2.2	Penerapan Metode Fuzzy C-Means	45
4.2.2.1	Iterasi ke-1	45
4.2.2.2	Iterasi Ke-2	63
4.2.2.3	Iterasi 44 (Iterasi terakhir)	80
4.3	Hasil Pengembangan Sistem	100
4.3.1	Use Case Diagram	100

4.3.2	Activity diagram login.....	101
4.3.3	Activity Diagram Data Wilayah	102
4.3.4	Activity Diagram Data Kecelakaan	103
4.3.5	Activity Diagram Proses Clustering FCM.....	104
4.3.6	Sequence Diagram Login	105
4.3.7	Sequence Diagram Data Wilayah	106
4.3.8	Sequence Diagram Data Kecelakaan	107
4.3.9	Sequence Diagram Proses Clustering	108
4.4	Arsitektur Sistem	109
4.5	<i>Interface Design</i>	109
4.5.1	Mekanisme Login.....	109
4.5.2	Mekanisme Navigasi Dashboard Admin	110
4.5.3	Mekanisme Input Data Wilayah	110
4.5.4	Mekanisme Output Data Wilayah.....	111
4.5.5	Mekanisme Input Data Kecelakaan	111
4.5.6	Mekanisme Output Data Kecelakaan.....	112
4.5.7	Mekanisme Input Data Proses Clustering	112
4.5.8	Mekanisme Output Data Hasil Clustering	113
4.6	Desain Database	114
4.7	Pengujian White Box.....	115
4.7.1	Kode Program Tambah data kecelakaan.....	115
4.7.2	Flowchart Program Tambah Data Kecelakaan	118
4.7.3	Flowgraph Program Tambah Data Kecelakaan	119
4.8	Pengujian <i>Black Box</i>	121
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		123
5.1	Tampilan Halaman Login.....	123

5.2	Tampilan Halaman Admin	124
5.3	Tampilan Halaman Data wilayah	125
5.4	Tampilan Form Input Data Wilayah.....	126
5.5	Tampilan Halaman Data Kecelakaan.....	127
5.6	Tampilan Form Tambah Data Kecelakaan.....	128
5.7	Tampilan Halaman Proses Clustering	129
5.8	Tampilan Hasil Clustering.....	130
BAB VI PENUTUP		131
6.1	Kesimpulan.....	131
6.2	Saran	131
DAFTAR PUSTAKA		133
LAMPIRAN		136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tahapan Data <i>mining</i>	9
Gambar 2. 2 Flowchart algoritma <i>Fuzzy C-means</i>	14
Gambar 2. 3 Siklus Hidup Pengembangan Sistem.....	24
Gambar 2. 4 Contoh Bagan Air (Roger S Pressman).....	33
Gambar 2. 5 Grafik air (Roger S Pressman)	34
Gambar 2. 6 Kerangka Pikir.....	37
Gambar 3. 1 Tahapan <i>Fuzzy C-Means</i>	39
Gambar 3. 2 Sistem yang diusulkan.....	40
Gambar 4. 1 Use Case Diagram.....	100
Gambar 4. 2 Activity Diagram Login	101
Gambar 4. 3 Activity Diagram Data Wilayah.....	102
Gambar 4. 4 Activity Diagram Data Kecelakaan.....	103
Gambar 4. 5 Activity Diagram Proses Clustering.....	104
Gambar 4. 6 Sequence Diagram Login	105
Gambar 4. 7 Sequence Diagram Data Wilayah	106
Gambar 4. 8 Sequence Diagram Data Kecelakaan	107
Gambar 4. 9 Sequence Diagram Proses Clustering	108
Gambar 4. 10 Desain Database	114
Gambar 4. 11 Flowchart Program Tambah Data Kecelakaan.....	118
Gambar 4. 12 Flowgraph Program Tambah data kecelakaan	119
Gambar 5. 1 Tampilan Halaman Login.....	123
Gambar 5. 2 Tampilan Halaman Admin	124
Gambar 5. 3 Tampilan Halaman Data Wilayah	125
Gambar 5. 4 Form Input Data Wilayah.....	126
Gambar 5. 5 Tampilan Halaman Data Kecelakaan.....	127
Gambar 5. 6 Form Input data kecelakaan	128
Gambar 5. 7 Tampilan Halaman Proses Clustering	129
Gambar 5. 8 Tampilan Hasil Clustering	130

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jumlah Laka Lantas Kabupaten Gorontalo.....	1
Tabel 1.2 Wilayah Rawan Kecelakaan di kabupaten Gorontalo.....	2
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2. 2 Jumlah Kasus Penyakit Menular.....	15
Tabel 2. 3 Bilangan Acak.....	16
Tabel 2. 4 Perhitungan Pusat <i>cluster</i> 1 iterasi ke 1	17
Tabel 2. 5 Perhitungan pusat <i>cluster</i> 2 iterasi ke 1	18
Tabel 2. 6 Perhitungan Pusat <i>cluster</i> 3 iterasi ke 1	18
Tabel 2. 7 Pusat <i>Cluster</i> iterasi 1	20
Tabel 2. 8 Fungsi Objektif iterasi ke 1.....	20
Tabel 2. 9 Perhitungan partisi matriks iterasi ke-1	21
Tabel 2. 10 Hasil <i>Cluster</i>	22
Tabel 2. 11 Hasil <i>Cluster</i> di kota Sibolga	23
Tabel 2. 12 <i>Use Case diagram</i>	27
Tabel 2. 13 <i>Multiplicity class diagram</i>	28
Tabel 2. 14 <i>Sequence diagram</i>	29
Tabel 2. 15 <i>Activity diagram</i>	29
Tabel 2. 16 Perangkat Lunak Pendukung	36
Tabel 3. 1 Variabel dan Atribut Penelitian.....	38
Tabel 4. 1 Hasil Pengumpulan Data.....	43
Tabel 4. 2 Hasil Analisa Data Lakalantas	44
Tabel 4. 3 Matriks Partisi Awal	45
Tabel 4. 4 Perhitungan Pusat Cluster 1 Iterasi ke-1	46
Tabel 4. 5 Perhitungan Pusat Cluster 2 iterasi 1	49
Tabel 4. 6 Perhitungan Pusat Cluster 3 Iterasi 1	52
Tabel 4. 7 Pusat Cluster Iterasi 1	55
Tabel 4. 8 Matriks Partisi yang di kuadratkan iterasi 1.....	56
Tabel 4. 9 Atribut Dataset	57
Tabel 4. 10 Fungsi Objektif Iterasi 1	57
Tabel 4. 11 Memperbarui Nilai Matriks Partisi U	60

Tabel 4. 12 Matriks Partisi U Iterasi 2	63
Tabel 4. 13 Perhitungan Pusat Cluster 1 Iterasi 2	66
Tabel 4. 14 Perhitungan Pusat Cluster 2 Iterasi 2	69
Tabel 4. 15 Perhitungan Pusat Cluster 3 Iterasi 2	71
Tabel 4. 16 Pusat Cluster Iterasi 2	74
Tabel 4. 17 Fungsi Objektif Iterasi 2	74
Tabel 4. 18 Matriks Partisi U Iterasi 44	80
Tabel 4. 19 Perhitungan Pusat Cluster 1 Iterasi ke 44	83
Tabel 4. 20 Perhitungan Pusat Cluster 2 Iterasi 44	85
Tabel 4. 21 Perhitungan Pusat Cluster 3 Iterasi 44	88
Tabel 4. 22 Pusat Cluster Iterasi 44	91
Tabel 4. 23 Fungsi Objektif Iterasi 44	91
Tabel 4. 24 Perhitungan Matriks Iterasi 44	94
Tabel 4. 25 Hasil Cluster	97
Tabel 4. 26 Pengujian Black Box	121

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecelakaan lalu lintas adalah kejadian tak terduga di jalan yang melibatkan kendaraan, baik dengan atau tanpa interaksi dengan pengguna jalan lain, yang menyebabkan kerugian berupa korban jiwa dan kerusakan harta benda. Insiden ini dapat berkisar dari kecelakaan ringan hingga kecelakaan berat. Mengingat dampak signifikan yang ditimbulkan, baik dari segi nyawa maupun materi, kecelakaan lalu lintas menjadi permasalahan serius yang memerlukan perhatian dan penanganan yang tepat untuk mengurangi risikonya dan meminimalkan kerugian[1].

Angka kecelakaan di kabupaten gorontalo serta korban yang ditimbulkan cenderung mengalami naik turun tiap tahunnya, hal ini disebabkan oleh Faktor-faktor seperti kepadatan lalu lintas, kondisi jalan yang kurang memadai, serta perilaku pengemudi menjadi penyebab utama tingginya angka kecelakaan tersebut. Hal ini dikemukakan oleh salah satu anggota Satlantas Polres Gorontalo dalam sesi wawancara, berdasarkan hasil dokumentasi yang dilakukan diperoleh jumlah laka Lantas serta korban dan kerugian yang ditimbulkan dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2024 yang dapat dilihat pada tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Jumlah Laka Lantas Kabupaten Gorontalo

No	Korban dan Kerugian					
	Tahun	Total Laka	Meninggal	Luka Berat	Luka Ringan	Kerugian Materi
1	2020	121	23	15	188	Rp.509.100.00
2	2021	149	30	29	173	Rp.832.140.000
3	2022	168	52	13	181	Rp625.800.000
4	2023	207	32	22	289	Rp879.990.000
5	2024	119	25	29	163	Rp461.300.000
Jumlah		764	162	108	994	Rp3.308.330.000

Sumber: Satlantas Polres Gorontalo

Selain data tahunan, area rawan kecelakaan di Kabupaten Gorontalo juga diidentifikasi berdasarkan distribusi data kecelakaan di setiap wilayah dalam periode tahun 2020 sampai tahun 2024. Untuk memberikan gambaran yang lebih detail tentang sebaran kejadian kecelakaan lalu lintas, berikut disajikan beberapa wilayah penyebaran jumlah kecelakaan dan korban di kabupaten gorontalo pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 Wilayah Rawan Kecelakaan di kabupaten Gorontalo

No	Desa/Kelurahan	Kecamatan	Total Laka	Meninggal	Luka Berat	Luka Ringan
1	Luhu	Telaga	16	6	4	30
2	Hunggaluwa	Limboto	15	6	6	23
3	Pentadio Timur	Telaga	19	5	9	23
4	Hutuo	Limboto Barat	13	9	2	21
5	Pantungo	Telaga Biru	14	8	4	19

Sumber: Satlantas Polres Gorontalo

Metode *clustering* dapat digunakan dalam memetakan daerah sesuai dengan tingkat kerawanan kecelakaan lalu lintasnya. *clustering* merupakan pengelompokan data dimana data yang mempunyai karakteristik serupa akan dikelompokkan menjadi satu klaster dan data yang berbeda akan berada pada klaster yang lain. Terdapat banyak metode *clustering* yang dapat diterapkan, namun setiap metode memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Salah satu metode *clustering* yang sering digunakan adalah metode *Fuzzy C-Means*, yang memungkinkan pengelompokan data yang lebih fleksibel, di mana satu titik data dapat menjadi anggota dari lebih dari satu cluster dengan derajat keanggotaan tertentu[3].

Fuzzy C-Means merupakan suatu proses pengelompokan data yang keberadaan suatu titik data pada suatu klaster ditentukan dengan derajat keanggotaan. *Fuzzy C-Means* adalah suatu metode penganalisis klaster yang memperhitungkan tingkat nilai keanggotaan yang terdapat di dalam himpunan fuzzy sebagai dasar pembobotan suatu klaster atau kelompok. Keunggulan fuzzy klasterisasi adalah dapat menyatukan atau mengelompokkan objek-objek yang tersebar berantakan. Apabila terdapat data yang penyebarannya berantakan, maka

ada kemungkinan data tersebut berada pada klaster lain. Perulangan didasarkan pada meminimalan fungsi objektif yang menunjukkan jarak dari titik data yang diberikan ke pusat klaster yang terbobot oleh derajat keanggotaan titik data tersebut. Output *Fuzzy C-Means* berupa deretan pusat klaster dan derajat keanggotaan terhadap setiap klaster[4].

Metode *Fuzzy C-Means* dipilih karena keunggulannya dalam menangani data yang memiliki karakteristik *overlapping* atau ketidakpastian dalam pengelompokannya. Metode ini memungkinkan setiap titik data memiliki tingkat keanggotaan di lebih dari satu cluster, yang membuatnya lebih fleksibel dan efektif dalam situasi di mana batasan antar kelompok tidak sepenuhnya jelas[5]. Keefektifan *Fuzzy C-Means* telah dibuktikan oleh beberapa penelitian terdahulu yang berhasil memetakan area dengan risiko kecelakaan lalu lintas. Misalnya, pada penelitian yang berjudul “Penerapan Metode Clustering dengan Fuzzy C-Means untuk Memetakan Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas di Surakarta” Oleh Ristanto et al. 2021 menggunakan metode *Fuzzy C-Means* untuk memetakan area rawan kecelakaan lalu lintas berdasarkan data 1429 kecelakaan dari 89 ruas jalan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun sistem yang dapat mengklasifikasikan wilayah berdasarkan tingkat kerawanan kecelakaan. Variabel yang digunakan meliputi jumlah kecelakaan, jumlah korban meninggal, dan korban luka. Hasilnya, data kecelakaan dikelompokkan menjadi tiga cluster, dengan 5 data di cluster pertama, 20 data di cluster kedua, dan 64 data di cluster ketiga[6].

Berdasarkan permasalahan sebelumnya, penulis melakukan penelitian dengan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* untuk mengelompokkan daerah rawan kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Gorontalo. Data yang digunakan meliputi jumlah kecelakaan, jumlah korban meninggal dunia, jumlah korban luka berat, dan jumlah korban luka ringan. Dengan menerapkan metode *Fuzzy C-Means*, data tersebut akan dianalisis untuk menghasilkan tiga kelompok wilayah berdasarkan tingkat kerawanan kecelakaan, yaitu tingkat kerawanan tinggi, sedang, dan rendah. Pengelompokan ini diharapkan dapat memberikan informasi yang jelas tentang sebaran wilayah rawan kecelakaan di Kabupaten Gorontalo. Hasil pengelompokan tersebut kemudian akan diimplementasikan ke dalam sebuah

sistem berbasis web menggunakan bahasa pemrograman *PHP* dan database *MySQL* untuk memudahkan dalam menampilkan informasi pengelompokan daerah rawan kecelakaan.

Berdasarkan berbagai pemaparan di atas, dengan mempertimbangkan tingkat kerawanan kecelakaan yang bervariasi di 89 wilayah Kabupaten Gorontalo dan mengacu pada penelitian terdahulu, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan membagi wilayah menjadi 3 *cluster* dengan judul: "Penerapan Metode *Fuzzy C-Means* Untuk Pengelompokan Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Di Kabupaten Gorontalo".

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan Uraian Latar Belakang di atas dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Tingginya angka kecelakaan di Kabupaten Gorontalo
2. Perlu adanya sistem yang efektif untuk mengelompokkan daerah rawan kecelakaan lalu lintas.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan dapat dirumuskan yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana mengelompokkan daerah rawan kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Gorontalo berdasarkan tingkat kerawannya?
2. Bagaimana penerapan metode *Fuzzy C-Means* dapat digunakan untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan tingkat kerawanan kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Gorontalo?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan daerah rawan kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Gorontalo berdasarkan tingkat kerawannya
2. Menerapkan metode *Fuzzy C-Means* untuk mengelompokkan wilayah di Kabupaten Gorontalo berdasarkan tingkat kerawanan kecelakaan lalu lintas.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat teoritis: menambah wawasan mengenai penerapan metode *Fuzzy C-Means* dalam pengelompokan daerah rawan kecelakaan lalu lintas, serta memberikan kontribusi pada pengembangan penelitian di bidang data *clustering*
2. Manfaat praktis: memberikan informasi kepada pihak terkait mengenai pengelompokan wilayah berdasarkan tingkat kerawanan kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Gorontalo melalui sistem berbasis web, sehingga dapat membantu dalam pengambilan kebijakan terkait penanganan kecelakaan lalu lintas

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Studi

Penelitian tentang metode *clustering* dengan *Fuzzy C-Means* dan pengelompokan daerah kecelakaan rawan kecelakaan telah banyak dilakukan sebelumnya, Berikut beberapa penelitian terkait yang menjadi referensi:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

NO	PENELITI	JUDUL	TAHUN	METODE	HASIL
1	Alfian R[7]	Pengelompokan Daerah Penyebaran Penyakit Menular Di Kota Sibolga Menggunakan Algoritma <i>Fuzzy C-Means</i>	2024	<i>Fuzzy C-Means</i>	metode <i>Fuzzy C-Means</i> berhasil mengelompokkan desa-desa di Kota Sibolga berdasarkan tingkat penyebaran penyakit menular seperti DBD, diare, dan TB. Hasil klasterisasi menunjukkan bahwa dari iterasi terakhir (ke-23), diperoleh 3 klaster: Cluster 1 terdiri dari 8 desa, Cluster 2 dari 4 desa, dan Cluster 3 dari 5 desa. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam membantu memahami penyebaran penyakit menular di Kota Sibolga
2	Agnes Vernanda A, Faisol A, Vendyansyah N[8]	Penerapan Metode <i>K-Means Clustering</i> Untuk Pemetaan Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Di	2021	<i>K-Means Clustering</i>	Penelitian di Kota Malang tahun 2019-2020 menggunakan metode <i>K-Means Clustering</i> untuk memetakan daerah rawan kecelakaan lalu lintas. Hasilnya, Kecamatan Lowokwaru termasuk Sangat Rawan,

NO	PENELITI	JUDUL	TAHUN	METODE	HASIL
		Kota Malang Berbasis <i>Website</i>			sementara kecamatan lainnya tergolong Rawan dan Cukup Rawan. Website pemetaan dibangun dengan QGIS, PHP, dan MySQL, dengan akurasi metode diuji menggunakan lift ratio sebesar 2,5
3	Ristanto I, Utami Y, Susyanto T[6]	Penerapan Metode Clustering dengan <i>Fuzzy C-Means</i> untuk Memetakan Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas di Surakarta	2021	<i>Fuzzy C-Means</i>	metode <i>Fuzzy C-Means</i> untuk memetakan daerah rawan kecelakaan lalu lintas di Surakarta berdasarkan data 1.429 kecelakaan dari 89 ruas jalan. Tujuannya adalah membangun sistem yang dapat mengklasifikasikan area dengan risiko kecelakaan tinggi. Variabel yang digunakan meliputi jumlah kecelakaan, korban meninggal, dan korban luka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data kecelakaan dapat dikelompokkan menjadi 3-cluster: 5 data di cluster pertama, 20 data di cluster kedua, dan 64 data di cluster ketiga, yang divisualisasikan melalui tabel dan peta.

2.2 Tinjauan Pustaka

2.2.1 Kecelakaan Lalu lintas

Menurut Pasal 1 No 24 UU No. 22 tahun 2009 LLAJ, kecelakaan lalu lintas adalah suatu peristiwa di jalan yang tidak diduga dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia dan/atau kerugian harta benda. Kecelakaan lalu lintas merupakan kegagalan kinerja satu atau lebih komponen pengendara yang mengakibatkan kematian, luka berat, dan/atau kerusakan harta benda. Kecelakaan jalan dan jalan biasa dapat dikategorikan sedikitnya ke dalam empat kategori antara lain kecelakaan beruntun, kecelakaan tunggal, kendaraan pedestrian dan kendaraan benda diam[9]. Kecelakaan juga dapat didefinisikan sebagai suatu kejadian yang terjadi dalam waktu atau periode tertentu dengan kondisi melibatkan diri sendiri atau orang lain, kendaraan, maupun obyek benda lain yang dapat merugikan jika mengakibatkan korban manusia atau benda.

Berdasarkan Undang-undang No.22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan jalan pada Pasal 229, karakteristik kecelakaan lalu lintas dapat dibagi kedalam tiga golongan[9], yaitu:

- a. kecelakaan lalu lintas ringan, yaitu kecelakaan yang mengakibatkan kerusakan kendaraan dan/atau barang;
- b. kecelakaan lalu lintas sedang, yaitu kecelakaan yang mengakibatkan luka ringan dan kerusakan kendaraan dan/atau barang; dan
- c. kecelakaan lalu lintas berat, yaitu kecelakaan yang mengakibatkan korban meninggal dunia atau luka berat.

2.2.2 Data Mining

Data mining adalah proses mengekstraksi data dari informasi yang sangat penting. Data mining juga merupakan proses mencari pola pada data. Pola-pola ini berasal dari berbagai jenis database, termasuk database relasional, gudang data, data transaksional, dan data berorientasi objek. Penambangan data memungkinkan pebisnis mengambil keputusan dengan cepat dan akurat[10].

Data mining dapat didefinisikan sebagai proses menentukan pola dalam data untuk mengekstrak dan menemukan informasi berguna dari sejumlah besar

data. Hal ini pada akhirnya memungkinkan mereka untuk membuat keputusan dan penilaian mengenai isu-isu tertentu. Beberapa alat dan teknik penambangan data telah dikembangkan dan digunakan dalam proyek untuk tujuan penambangan data tertentu yang berkaitan dengan jaringan saraf, pohon keputusan, prediksi, pengelompokan, dan klasifikasi. Teknologi eksplorasi jenis ini memiliki aturan dan metode tertentu yang membantu menentukan masalah mana yang perlu dipecahkan[11].

Data mining dibagi menjadi dua kategori utama (Han dan Kamber, 2006:21- 29) yaitu:

A. Prediktif

Tujuan dari tugas prediktif adalah untuk memprediksi nilai dari atribut tertentu berdasarkan pada nilai atribut-atribut lain. Atribut yang diprediksi umumnya dikenal sebagai target atau variable tak bebas, sedangkan atribut-atribut yang digunakan untuk membuat prediksi dikenal sebagai explanatory atau variable bebas.

B. Deskriptif

Tujuan dari tugas deskriptif adalah untuk menurunkan pola-pola (korelasi, trend, cluster, teritori, dan anomali) yang meringkas hubungan yang pokok dalam data. Tugas data mining deskriptif sering merupakan 9 penyelidikan dan seringkali memerlukan teknik post-processing untuk validasi dan penjelasan hasil.

Proses data mining yang dibagi menjadi beberapa tahap yang digambarkan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1 Tahapan Data mining[12]

Tahapan-tahapan dalam proses Data Mining yang ditunjukkan pada gambar dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Selection of Database* (Pemilihan Database): Langkah pertama adalah memilih sumber data yang relevan dari basis data yang ada. Data yang dipilih harus memenuhi kriteria tertentu, seperti kelengkapan, akurasi, dan relevansi, agar hasil dari proses data mining dapat memberikan informasi yang valid dan berguna.[12]
2. *Data Cleaning* (Pembersihan Data): Setelah data dipilih, tahap berikutnya adalah pembersihan data. Proses ini mencakup penghapusan data yang tidak relevan, menangani data yang hilang atau duplikat, serta mengoreksi kesalahan yang mungkin ada. Pembersihan ini penting untuk memastikan bahwa data yang akan dianalisis bebas dari noise atau informasi yang tidak valid.[12]
3. *Data Transformation* (Transformasi Data): Pada tahap ini, data yang telah dibersihkan kemudian diubah ke dalam format yang sesuai untuk dianalisis. Transformasi ini dapat mencakup normalisasi, agregasi, dan pengkodean ulang data sehingga lebih mudah diproses dalam algoritma data mining[12].
4. *Data Mining Process* (Proses Data Mining): Ini adalah inti dari keseluruhan proses di mana algoritma data mining diterapkan pada data yang sudah dipersiapkan. Pada tahap ini, pemilihan tugas data mining dan algoritma yang tepat dilakukan untuk menemukan pola, tren, atau hubungan dalam data. Metode seperti clustering, klasifikasi, atau asosiasi bisa diterapkan, tergantung pada tujuan analisis[12].
5. *Patterns & Rules* (Pola dan Aturan): Setelah data mining dilakukan, pola atau aturan tertentu dihasilkan dari data. Pola-pola ini dievaluasi untuk melihat validitas dan kebergunaannya. Hasil evaluasi ini penting untuk menilai apakah pola yang ditemukan dapat digunakan untuk memprediksi atau menggambarkan fenomena tertentu dalam data.
6. *Knowledge Consolidation* (Konsolidasi Pengetahuan): Pada tahap terakhir, informasi dan pengetahuan yang diperoleh dari pola atau aturan yang telah dievaluasi disatukan dan disajikan dalam bentuk yang mudah dipahami.

Pengetahuan ini dapat digunakan oleh pengambil keputusan untuk berbagai keperluan bisnis atau penelitian, misalnya, dalam strategi pemasaran atau pengelolaan risiko[12].

2.2.3 Clustering

Menurut Widodo (2013:9) *Clustering* atau klasifikasi adalah metode yang digunakan untuk membagi rangkaian data menjadi beberapa group berdasarkan kesamaan-kesamaan yang telah ditentukan sebelumnya. Cluster adalah sekelompok atau sekumpulan objek-objek data yang similar satu sama lain dalam cluster yang sama dan dissimilar terhadap objek-objek yang berbeda cluster. Objek akan dikelompokkan ke dalam satu atau lebih cluster sehingga objek-objek yang berada dalam satu cluster akan mempunyai kesamaan yang tinggi antara satu dengan yang lainnya[13]

Dengan menggunakan clustering ini, kita dapat mengklasifikasikan daerah yang padat, menemukan pola-pola distribusi secara keseluruhan, dan menemukan keterkaitan yang menarik antara atribut data. Dalam data mining, usaha difokuskan pada metode-metode penemuan untuk cluster pada basis data berukuran besar secara efektif dan efisien. Beberapa kebutuhan clustering dalam data mining meliputi skalabilitas, kemampuan untuk menangani tipe atribut yang berbeda, mampu menangani dimensionalitas yang tinggi, menangani data yang mempunyai noise, dan dapat diterjemakan dengan mudah[13].

Clustering dapat diterapkan ke dalam data yang kuantitatif (numerik), kualitatif (kategorikal), atau kombinasi dari keduanya. Data dapat merupakan hasil pengamatan dari suatu proses. Setiap pengamatan dapat memiliki n variabel pengukuran dan dikelompokkan dalam n dimensi vektor $z_k = [z_{1k}, \dots, z_{nk}]^T, z_k \in R^n$. Sebuah himpunan dari N pengamatan dinotasikan $Z = \{Z_k | k = 1, 2, \dots, N\}$ dan direpresentasikan sebagai matriks $n \times N$. Cluster secara umum merupakan wujud himpunan bagian dari suatu himpunan data dan metode clustering dapat diklasifikasikan berdasarkan himpunan bagian yang dihasilkan[14]

2.2.4 Fuzzy C-Means

FCM merupakan suatu teknik pengelompokan data dimana setiap titik data pada suatu titik klaster ditentukan dengan nilai keanggotaan. Teknik ini diperkenalkan pertama kalinya oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. Langkah awal pada FCM adalah mencari pusat klaster, yang akan menempati lokasi yang seharusnya untuk tiap klaster. Pada kondisi awalnya, pusat klaster ini berada ditempat yang tidak akurat, sehingga diperlukan perbaikan secara berulang untuk mendapatkan posisi pusat klaster yang akurat. Setiap data memiliki derajat keanggotaan pada tiap klaster pada interval nilai $[0,1]$. Untuk mendapatkan derajat keanggotaan yang tepat maka perlu dilakukan perbaikan secara berulang juga untuk nilai keanggotaan, sehingga data menempati klaster yang tepat.[15] Algoritma FCM digambarkan pada Gambar 2.2 dan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Input data yang akan dikelompokkan X , Berupa matriks berukuran $n \times m$ (n = jumlah data, m = atribut setiap data), dimana X_{ij} = data ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$) dengan atribut ke- j ($j = 1, 2, \dots, m$).
2. Tentukan:
 - Jumlah klaster = c
 - Eksponen fuzzy = w
 - Error terkecil yang di harapkan = ζ
 - Fungsi Objektif awal: $P_0 = 0$
 - Iterasi awal: $t = 1$
 - Bangkitkan partisi awal $\eta_{ik}; i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, c$, Sebagai derajat keanggotaan pada data ke- i pada klaster ke- k

Pada awalnya matriks partisi η belum akurat, begitu juga dengan pusat klusternya, sehingga kecenderungan data untuk berada pada suatu klaster juga belum akurat.

3. Hitung pusat klaster ke- k \, V_{kj} , dimana $k = 1, 2, \dots, c; j = 1, 2, \dots, m$, dengan

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\eta_{ik})^w x_{ij})}{\sum_{d=1}^c (\sum_{j=1}^m (x_{dj} - v_{dj})^2)^{\frac{-1}{w-1}}} \dots\dots\dots (2. 1)$$

4. Hitung fungsi obyektif pada iterasi ke- t , P_t , dengan

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \sum_{j=1}^m (\eta_{ik})^w (X_{ij} - V_{kj})^2 \dots\dots\dots (2. 2)$$

5. Perbarui matriks partisi, η_{ik} , dimana $i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, c$, dengan

$$\eta_{ik} = \frac{(\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2)^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{d=1}^c (\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{dj})^2)^{\frac{-1}{w-1}}} \dots\dots\dots (2. 3)$$

6. Cek kondisi berhenti: jika $(|P_t - P_{t-1}| < \zeta)$, maka berhenti, jika tidak, maka $t = t + 1$ dan ulangi langkah ke-3.



Gambar 2. 2 Flowchart algoritma *Fuzzy C-means*

2.2.5 Penerapan Metode Fuzzy C-Means

Pada penelitian yang berjudul “Pengelompokan Daerah Penyebaran Penyakit Menular Di Kota Sibolga Menggunakan Algoritma *Fuzzy C-Means*” oleh (Alfian R, 2023) [7], menguji metode Fuzzy C-Means Clustering untuk mengelompokkan daerah penyebaran penyakit menular serta mempermudah dalam menentukan lokasi daerah dalam hal membantu pengelolaan dan perbaikan lingkungan. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berisi informasi masyarakat yang mengidap penyakit menular pada tahun 2021. Informasi mengenai jenis kelamin pasien, usia, alamat, dan jenis penyakit menular juga disertakan dalam data.

Berdasarkan data yang diperoleh peneliti, jenis data yang diperoleh terdiri dari penyakit menular yang banyak tersebar di beberapa desa Kota Sibolga seperti

DBD, diare, dan TB. Data tersebut diubah menjadi bentuk tabel yang berisi jumlah kasus penyakit menular di masing-masing desa yang ada di Kota Sibolga, seperti yang ditunjukkan pada tabel.

Tabel 2. 2 Jumlah Kasus Penyakit Menular

No	Kelurahan/Desa	Jumlah Penduduk		
		DBD	Diare	TB
1	Sibolga Ilir	1	72	12
2	Angin Nauli	3	56	34
3	Huta Tonga-Tonga	1	78	15
4	Hutabarangan	3	97	42
5	Simare-Mare	2	67	56
6	Kota Beringin	4	85	34
7	Pasar Baru	2	43	12
8	Pasar Belakang	3	68	34
9	Pancuran Gerobak	1	45	42
10	Aek Manis	2	78	23
11	Aek Habil	1	32	48
12	Aek Parombunan	1	79	31
13	Aek Muara Pinang	2	64	35
14	Pancuran Pinang	1	43	56
15	Pancuran Kerambil	2	56	23
16	Pancuran Dewa	1	27	21
17	Pancuran Bambu	1	45	16

(Sumber: Alfian R, 2024)

Dalam proses pengklasteran DBD diberi atribut sebagai X_{i1} , diare diberi atribut X_{i2} , dan TB diberi atribut X_{i3} . Langkah awal dari proses pengklasteran ini adalah menentukan parameter awal yang akan digunakan. Tentukan jumlah cluster yang diinginkan (misalnya, C) sebelum memulai algoritma, jumlah cluster

ini akan mempengaruhi hasil klasterisasi akhir. Selanjutnya, masukkan nilai kriteria error terkecil ($\bar{\epsilon}$); jika nilai fungsi tujuan kurang dari nilai ini, iterasi selesai, dan hasil pengelompokan tercapai. Jika iterasi maksimum tercapai, nilai ini berfungsi sebagai ambang batas untuk menghentikan iterasi lebih lanjut. Namun, nilai fungsi tujuan masih lebih tinggi dari angka yang ditetapkan. Fungsi tujuan awal (P_0) dan iterasi awal (t) kemudian harus ditentukan. Berikut langkah-langkah untuk pengklasteran daerah rawan.

Iterasi 1:

1. Tentukan nilai awal:
 - a. Jumlah *cluster* = 3
 - b. Pangkat/*Eksponen* = 2
 - c. Maksimum Iterasi = 100
 - d. *Error* Yang di harapkan = 0,001
 - e. Fungsi Objektif awal = 0
 - f. Iterasi awal = 1
2. Bangkitkan bilangan acak μ_{ik} (dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $k = 1, 2, \dots, c$) sebagai elemen matriks partisi awal U, dengan X_i adalah data ke- i

Tabel 2. 3 Bilangan Acak

No	Partisi Awal			Jumlah
1	0,82	0,1	0,08	1
2	0,35	0,35	0,3	1
3	0,12	0,68	0,2	1
4	0,4	0,33	0,27	1
5	0,69	0,21	0,1	1
6	0,46	0,06	0,48	1
7	0,67	0,17	0,16	1
8	0,07	0,1	0,83	1
9	0,5	0,25	0,25	1
10	0,81	0,09	0,1	1
11	0,23	0,19	0,58	1
12	0,72	0,2	0,08	1
13	0,91	0,03	0,06	1

14	0,43	0,41	0,16	1
15	0,11	0,72	0,17	1
16	0,21	0,57	0,22	1
17	0,7	0,16	0,14	1

(Sumber: Alfian R,2024)

Karena setiap titik data merupakan anggota lengkap dari semua cluster dengan tingkat keanggotaan yang bervariasi, jumlah nilai keanggotaan untuk setiap titik data untuk semua cluster harus sama dengan 1.

3. Hitung Pusat cluster (c) baru berdasarkan nilai keanggotaan yang telah di tentukan.

Tabel 2. 4 Perhitungan Pusat *cluster* 1 iterasi ke 1

μ_{i1}	Data Set			μ_{i1}^2	$\mu_{i1}^2 * X1$	$\mu_{i1}^2 * X2$	$\mu_{i1}^2 * X3$
	X1	X2	X3				
0,82	1	72	12	0,6724	0,6724	48,4128	8,0688
0,35	3	56	34	0,1225	0,3675	6,86	4,165
0,12	1	78	15	0,0144	0,0144	1,1232	0,216
0,4	3	97	42	0,16	0,48	15,52	6,72
0,69	2	67	56	0,4761	0,9522	31,8987	26,6616
0,46	4	85	34	0,2116	0,8464	17,986	7,1944
0,67	2	43	12	0,4489	0,8978	19,3027	5,3868
0,07	3	68	34	0,0049	0,0147	0,3332	0,1666
0,5	1	45	42	0,25	0,25	11,25	10,5
0,81	2	78	23	0,6561	1,3122	51,1758	15,0903
0,23	1	32	48	0,0529	0,0529	1,6928	2,5392
0,72	1	79	31	0,5184	0,5184	40,9536	16,0704
0,91	2	64	35	0,8281	1,6562	52,9984	28,9835
0,43	1	43	56	0,1849	0,1849	7,9507	10,3544
0,11	2	56	23	0,0121	0,0242	0,6776	0,2783
0,21	1	27	21	0,0441	0,0441	1,1907	0,9261
0,7	1	45	16	0,49	0,49	22,05	7,84
Σ				5,1474	8,7783	331,3762	151,1614

(Sumber: Alfian R,2024)

Hasil perkalian kolom ditunjukkan pada tabel 2.4 nilai μ_{i1} akan dikalikan dengan setiap data set untuk menghitung hasil pusat cluster 1, dan nilai dari Σ adalah jumlah kolom untuk setiap kolom.

Tabel 2. 5 Perhitungan pusat *cluster* 2 iterasi ke 1

μ_{i2}	Data Set			μ_{i2}^2	$\mu_{i2}^2 * X1$	$\mu_{i2}^2 * X2$	$\mu_{i2}^2 * X3$
	X1	X2	X3				
0,1	1	72	12	0,01	0,01	0,72	0,12
0,35	3	56	34	0,1225	0,3675	6,86	4,165
0,68	1	78	15	0,4624	0,4624	36,0672	6,936
0,33	3	97	42	0,1089	0,3267	10,5633	4,5738
0,21	2	67	56	0,0441	0,0882	2,9547	2,4696
0,06	4	85	34	0,0036	0,0144	0,306	0,1224
0,17	2	43	12	0,0289	0,0578	1,2427	0,3468
0,1	3	68	34	0,01	0,03	0,68	0,34
0,25	1	45	42	0,0625	0,0625	2,8125	2,625
0,09	2	78	23	0,0081	0,0162	0,6318	0,1863
0,19	1	32	48	0,0361	0,0361	1,1552	1,7328
0,2	1	79	31	0,04	0,04	3,16	1,24
0,03	2	64	35	0,0009	0,0018	0,0576	0,0315
0,41	1	43	56	0,1681	0,1681	7,2283	9,4136
0,72	2	56	23	0,5184	1,0368	29,0304	11,9232
0,57	1	27	21	0,3249	0,3249	8,7723	6,8229
0,16	1	45	16	0,0256	0,0256	1,152	0,4096
Σ				1,975	3,069	113,394	53,4585

(Sumber: Alfian R, 2024)

Pada 2.5 menampilkan hasil perkalian antara kolom μ_{i2} pada setiap data set untuk menghitung hasil pusat cluster 2. Nilai Σ adalah penjumlahan kolom untuk setiap kolom, dan akan digunakan nilai Σ untuk menentukan hasil pusat cluster 2.

Tabel 2. 6 Perhitungan Pusat *cluster* 3 iterasi ke 1

μ_{i3}	Data Set			μ_{i3}^2	$\mu_{i3}^2 * X1$	$\mu_{i3}^2 * X2$	$\mu_{i3}^2 * X3$
	X1	X2	X3				
0,08	1	72	12	0,0064	0,0064	0,4608	0,0768
0,3	3	56	34	0,09	0,27	5,04	3,06
0,2	1	78	15	0,04	0,04	3,12	0,6
0,27	3	97	42	0,0729	0,2187	7,0713	3,0618
0,1	2	67	56	0,01	0,02	0,67	0,56
0,48	4	85	34	0,2304	0,9216	19,584	7,8336
0,16	2	43	12	0,0256	0,0512	1,1008	0,3072
0,83	3	68	34	0,6889	2,0667	46,8452	23,4226
0,25	1	45	42	0,0625	0,0625	2,8125	2,625

0,1	2	78	23	0,01	0,02	0,78	0,23
0,58	1	32	48	0,3364	0,3364	10,7648	16,1472
0,08	1	79	31	0,0064	0,0064	0,5056	0,1984
0,06	2	64	35	0,0036	0,0072	0,2304	0,126
0,16	1	43	56	0,0256	0,0256	1,1008	1,4336
0,17	2	56	23	0,0289	0,0578	1,6184	0,6647
0,22	1	27	21	0,0484	0,0484	1,3068	1,0164
0,14	1	45	16	0,0196	0,0196	0,882	0,3136
Σ				1,7056	4,1785	103,8934	61,6769

(Sumber: Alfian R, 2024)

Tabel 2.6 menampilkan hasil perkalian antara kolom μ_{i3} pada setiap data set untuk menghitung hasil pusat cluster 3. Nilai Σ adalah penjumlahan kolom untuk setiap kolom, dan akan digunakan untuk menentukan hasil pusat cluster 3.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^m (\mu_{ik})^w * X_{ij}}{\sum_{i=1}^m (\mu_{ik})^w} \dots\dots\dots (2. 4)$$

Pusat Cluster 1

$$V_{1.1} = \frac{8,7783}{5,1474} = 1,70538524303532$$

$$V_{1.2} = \frac{331,2762}{1,975} = 64,3773944127132$$

$$V_{1.3} = \frac{151,1614}{5,1474} = 29,3665539884213$$

Pusat Cluster 2

$$V_{2.1} = \frac{3,069}{1,975} = 1,55392405063291$$

$$V_{2.2} = \frac{113,394}{1,975} = 57,4146835443038$$

$$V_{2.3} = \frac{53,4585}{1,975} = 27,0675949367089$$

Pusat Cluster 3

$$V_{3.1} = \frac{4,1785}{1,7056} = 2,44987101313321$$

$$V_{3,1} = \frac{103,8934}{1,7056} = 60,9131097560976$$

$$V_{3,1} = \frac{61,6769}{1,7056} = 36,1614094746717$$

Tabel 2. 7 Pusat Cluster iterasi 1

V_{kj}	1	2	3
1	1,705385	64,37739	29,36655
2	1,553924	57,41468	27,06759
3	2,449871	60,91311	36,16141

(Sumber: Alfian R, 2024)

Tabel 2.7 memberikan hasil perhitungan pusat cluster 1, pusat cluster 2, dan pusat cluster 3.

4. Menghitung Fungsi Objektif pada iterasi ke-1

Tabel 2. 8 Fungsi Objektif iterasi ke 1

μ_{i1}^2	μ_{i2}^2	μ_{i3}^2	Data Set			$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^c ([\sum_{j=1}^n (X_{ij} - V_{kj})^2] (\mu_{ik})^w)$			Total
			X1	X2	X3	L1	L2	L3	
0,67	0,01	0,006	1	72	12	242,2	4,401	4,536	251,135
0,12	0,123	0,09	3	56	34	11,432	6,388	2,62	20,441
0,01	0,462	0,04	1	78	15	5,6516	263,4	29,67	298,751
0,16	0,109	0,073	3	97	42	196,08	195,2	97,44	488,68
0,48	0,044	0,01	2	67	56	341,03	40,98	4,308	386,317
0,21	0,004	0,23	4	85	34	95,649	2,934	135,3	233,886
0,45	0,029	0,026	2	43	12	340,57	12,57	23,16	376,306
0,005	0,01	0,689	3	68	34	0,1777	1,622	38,03	39,8258
0,25	0,063	0,063	1	45	42	947,5	23,59	18,09	989,177
0,66	0,008	0,01	2	78	23	148,41	3,568	4,654	156,629
0,05	0,036	0,336	1	32	48	73,848	39,15	329,1	442,068
0,52	0,04	0,006	1	79	31	112,49	19,27	2,278	134,031
0,83	9E-04	0,004	2	64	35	26,47	0,096	0,04	26,6059
0,18	0,168	0,026	1	43	56	215,75	175,7	18,34	409,785
0,01	0,518	0,029	2	56	23	1,3407	9,718	5,71	16,768
0,04	0,325	0,048	1	27	21	64,72	312,6	66,89	444,223
0,49	0,026	0,02	1	45	16	271,78	7,089	12,97	291,837
Nilai Fungsi Objektif									5006,46

(Sumber: Alfian R, 2024)

Nilai fungsi objektif dihitung dengan mengalikan jarak antara data dan pusat cluster dengan kuadrat derajat keanggotaan. Oleh karena itu, 5006,46 adalah nilai fungsi objektif untuk iterasi pertama. Nilai ini nantinya akan dibandingkan dengan nilai lainnya untuk menentukan apakah iterasi dilanjutkan atau tidak.

5. Hitung perubahan derajat keanggotaan matriks partisi setiap data pada setiap cluster

Tabel 2. 9 Perhitungan partisi matriks iterasi ke-1

L1	L2	L3	LT	$u1k^2$ L1/LT	$u2k^2$ L2/LT	$u3k^2$ L3/LT
0,003	0,002	0,001	0,006	0,43	0,35	0,22
0,011	0,019	0,034	0,064	0,17	0,3	0,53
0,003	0,002	0,001	0,006	0,45	0,31	0,24
0,000	0,000	0,000	0,002	0,38	0,26	0,35
0,001	0,001	0,002	0,005	0,29	0,22	0,48
0,002	0,001	0,002	0,005	0,43	0,24	0,33
0,001	0,002	0,001	0,005	0,28	0,49	0,23
0,028	0,006	0,018	0,052	0,53	0,12	0,35
0,002	0,003	0,003	0,008	0,23	0,33	0,43
0,004	0,002	0,002	0,009	0,5	0,26	0,24
0,000	0,000	0,001	0,003	0,27	0,35	0,38
0,005	0,002	0,003	0,009	0,49	0,22	0,3
0,031	0,009	0,09	0,131	0,24	0,07	0,69
0,000	0,000	0,001	0,003	0,27	0,3	0,43
0,009	0,053	0,005	0,067	0,13	0,79	0,08
0,000	0,001	0,000	0,002	0,28	0,43	0,3
0,002	0,004	0,002	0,007	0,26	0,52	0,22

(Sumber: Alfian R, 2024)

Untuk kolom pertama sampai kolom ketiga diperoleh dari penjumlahan

$\left[\sum_{j=1}^n (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{-1}$. Untuk kolom keempat diperoleh dari hasil penjumlahan L1,L2,L3 dan untuk kolom kelima sampai ketujuh diperoleh hasil L1,L2 dan L3 dibagi dengan LT.

6. Cek Kondisi berhenti dimana nilai dari $(|P_t - P_{t-1}| < \xi)$. Nilai dari $P_1 = 5006,46$ dan $P_0 = 0$ maka $|P_1 - P_0| = 5006,46$, karena nilai P_1 lebih besar dari $\xi = 0,001$ maka iterasi di lanjutkan dengan naikan iterasi $t = t + 1$ dan

ulangi dari langkah 3 hingga iterasi terakhir ketika kondisi telah berhenti menggunakan matriks U baru yang dihasilkan pada langkah sebelumnya.

Dari hasil perhitungan menggunakan *Fuzzy C-Means* dapat disimpulkan hasil cluster berada pada iterasi ke-23[7] dimana nilai $-0,000714 < \xi$. Berikut dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2. 10 Hasil Cluster

No	Daerah	Derajat Keanggotaan			Cluster Yang Dipilih	Cluster
		1	2	3		
1	Sibolga Ilir	0,002965	0,001365	0,000509	0,002965	1
2	Angin Nauli	0,001904	0,002816	0,003358	0,003358	3
3	Huta Tonga-Tonga	0,004937	0,000947	0,00047	0,004937	1
4	Hutabarangan	0,001955	0,000313	0,000364	0,001955	1
5	Simare-Mare	0,001178	0,000533	0,001746	0,001746	3
6	Kota Beringin	0,014224	0,000556	0,000558	0,014224	1
7	Pasar Baru	0,000646	0,021253	0,000812	0,021253	2
8	Pasar Belakang	0,007582	0,001339	0,001408	0,007582	1
9	Pancuran Gerobak	0,000781	0,001777	0,039359	0,039359	3
10	Aek Manis	0,026074	0,000938	0,000596	0,026074	1
11	Aek Habil	0,000399	0,000935	0,006046	0,006046	3
12	Aek Parombunan	0,197862	0,000786	0,000702	0,197862	1
13	Aek Muara Pinang	0,00415	0,001627	0,001949	0,00415	1
14	Pancuran Pinang	0,000507	0,0007	0,01193	0,01193	3
15	Pancuran Kerambil	0,001854	0,007768	0,001422	0,007768	2
16	Pancuran Dewa	0,000369	0,002803	0,001005	0,002803	2
17	Pancuran Bambu	0,000775	0,165223	0,001038	0,165223	2

(Sumber: Alfian R,2024)

Berdasarkan tabel diatas, 2.10 desa yang tergabung ke dalam cluster 1, 4 desa pada cluster 2, dan 5 desa pada cluster 3. Hasil tersebut ditentukan berdasarkan nilai maksimal antara derajat keanggotaan pada cluster 1, 2, dan 3[7].

Tabel dibawah ini menunjukkan daftar desa yang termasuk dalam cluster 1,2, dan 3.

Tabel 2. 11 Hasil *Cluster* di kota Sibolga

No	<i>Cluster 1</i>	<i>Cluster 2</i>	<i>Cluster 3</i>
1	Sibolga Ilir	Pasar Baru	Angin Nauli
2	Huta Tonga-Tonga	Pancuran Kerambil	Simare-Mare
3	Hutabarangan	Pancuran Dewa	Pancuran Gerobak
4	Kota Beringin	Pancuran Bambu	Aek Habil
5	Pasar Belakang		Pancuran Pinang
6	Aek Manis		
7	Aek Parombunan		
8	Aek Muara Pinang		

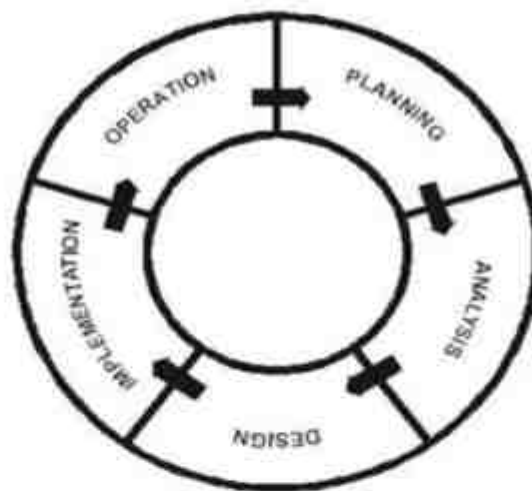
(Sumber: Alfian R,2024)

2.2.6 Siklus Hidup Pengembangan Sistem

Proses pengembangan sistem informasi melewati beberapa tahapan mulai dari sistem itu direncanakan sampai dengan sistem tersebut diterapkan, dioperasikan dan dipelihara. Bila operasi sistem yang sudah dikembangkan masih timbul kembali masalah-masalah yang kritis serta tidak dapat diatasi dalam tahap pemeliharaan sistem, maka perlu dikembangkan kembali suatu sistem untuk mengatasi masalah tersebut dan proses ini kembali ke tahap pertama (Jogiyanto, 2001)[16].

Adapun tahapan-tahapan yang ada di dalam siklus hidup pengembangan sistem sebagai berikut:

1. Tahapan Perencanaan Sistem (*System Planning*)
2. Analisa Sistem (*System Analysis*)
3. Desain Sistem (*System Design*)
4. Implementasi Sistem (*System Implementation*)
5. Perawatan Sistem (*System Maintenance*)



Gambar 2. 3 Siklus Hidup Pengembangan Sistem
(Sumber: McLeod Jr. dan Schell, (2001), 185)

2.2.7 Perencanaan Sistem

Tahap perencanaan adalah tahap awal dalam siklus pengembangan perangkat lunak yang bertujuan untuk menentukan tujuan proyek, ruang lingkup pengembangan, sumber daya yang diperlukan, serta perkiraan waktu dan biaya yang dibutuhkan. Pada tahap ini, pengembang dan pemangku kepentingan bekerja

sama untuk memahami masalah atau kebutuhan bisnis yang ingin diselesaikan oleh sistem, dan merumuskan solusi awal dalam bentuk proyek pengembangan sistem[17].

Menurut Kendall & Kendall (2008:41), “Perencanaan sistem adalah proses merumuskan visi dan arah sistem yang akan dikembangkan, dengan melibatkan analisis terhadap kebutuhan, pemetaan sumber daya, serta penilaian terhadap potensi manfaat dan risiko yang terlibat.” Tahap ini sangat penting karena keputusan yang dibuat pada fase perencanaan akan memengaruhi seluruh siklus pengembangan berikutnya.

Dalam fase perencanaan sistem, berikut aktivitas utamanya:

1. Studi Kelayakan: Menilai apakah proyek pengembangan sistem layak dilakukan dari aspek teknis, ekonomi, hukum, operasional, dan jadwal.
2. Identifikasi Kebutuhan Sistem: Mengumpulkan dan mendokumentasikan kebutuhan sistem yang harus dipenuhi untuk mendukung tujuan bisnis.
3. Perencanaan Proyek: Menyusun rencana terperinci yang mencakup ruang lingkup proyek, jadwal, alokasi sumber daya, dan manajemen risiko untuk memandu proses pengembangan sistem.

2.2.8 Analisis Sistem

Analisis sistem (*Systems Analysis*) menurut HM jogiyanto (2001: 129) didefinisikan sebagai berikut “Penguraian dari suatu sistem informasi yang utuh kedalam bagian-bagian komponennya dengan maksud untuk mengidentifikasikan dan mengevaluasi permasalahan-permasalahan, kesempatan-kesempatan, hambatan-hambatan yang terjadi dan kebutuhan yang diharapkan sehingga dapat diusulkan perbaikan-perbaikannya.”[16].

Menurut HM Jogiyanto tahap analisis sistem dilakukan setelah tahap perencanaan sistem (*sistem planning*) dan sebelum tahap desain atau perancangan sistem (*sistem design*). Tahap analisis merupakan tahap yang kritis dan sangat penting, karena kesalahan dalam tahap analisis akan menyebabkan kesalahan pada tahap selanjutnya[16].

Dalam tahap analisis sistem terdapat langkah-langkah dasar yang harus dilakukan oleh sistem sebagai berikut:

- (a) *Identify*, yaitu mengidentifikasi masalah. Mengidentifikasi masalah merupakan langkah pertama yang dilakukan dalam tahap analisis sistem. Masalah (problem) yang dapat didefinisikan sebagai suatu pertanggungaa yang diinginkan untuk dipecahkan. Pada bagian ini tugas-tugas yang harus dilakukan yaitu mengidentifikasi penyebab masalah, mengidentifikasi titik keputusan, dan mengidentifikasi personil-personil kunci.[16]
- (b) *Understand*, yaitu memahami kerja dari sistem yang ada. Langkah tersebut dapat dilakukan dengan mempelajari secara terinci bagaimana sistem yang ada beroperasi. Untuk mempelajari pengoperasian sistem diperlukan data yang dapat diperoleh dengan cara melakukan penelitian.[16]
- (c) Mengidentifikasi titik keputusan. Pada kasus pengolahan data kepegawaian pada Badan Kesbang, Politik dan Linmas dengan permasalahan belum adanya keintegrasian data. Leh karena itu erlu diidentifikasi lebih lanjut titik keputusan yang menyebabkan keintegrasian data.[16]
- (d) Mengidentifikasi personil-personil kunci. Identifikasi personil-personil kunci ini dapat dilakukan dengan mengacu pada alir dokumen yang ada di perusahaan serta dokumen deskripsi jabatan (*job description*)[16].

Pada tahap analisis sistem dengan pendekatan berorientasi objek, digunakan *Unified Modeling Language* (UML) untuk memodelkan kebutuhan sistem. UML menyediakan berbagai diagram yang digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antara objek, serta interaksi di antara mereka. Diagram yang umum digunakan dalam tahap analisis mencakup:

(a) *Use Case Diagram*

Use case diagram merupakan pemodelan untuk kelakuakn (behavior) sistem informasi yang akan dibuat. Use case digunakan untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada di dalam sistem informasi dan siapa saja yang berhak menggunakan fungsi-fungsi tersebut[18].

Simbol-simbol yang digunakan dalam Use Case Diagram yaitu:

Tabel 2. 12 Use Case diagram[18]

NO	GAMBAR	NAMA	KETERANGAN
1		<i>Actor</i>	Menspesifikasikan himpunan peran yang pengguna mainkan ketika berinteraksi dengan <i>use case</i> .
2		<i>Dependency</i>	Hubungan dimana perubahan yang terjadi pada suatu elemen mandiri (<i>independent</i>) akan mempengaruhi elemen yang bergantung padanya elemen yang tidak mandiri (<i>independent</i>).
3		<i>Generalization</i>	Hubungan dimana objek anak (<i>descendent</i>) berbagi perilaku dan struktur data dari objek yang ada di atasnya objek induk (<i>ancestor</i>).
4		<i>Include</i>	Menspesifikasikan bahwa <i>use case</i> sumber secara eksplisit.
5		<i>Extend</i>	Menspesifikasikan bahwa <i>use case</i> target memperluas perilaku dari <i>use case</i> sumber pada suatu titik yang diberikan.
6		<i>Association</i>	Apa yang menghubungkan antara objek satu dengan objek lainnya.
7		<i>System</i>	Menspesifikasikan paket yang menampilkan sistem secara terbatas.
8		<i>Use Case</i>	Deskripsi dari urutan aksi-aksi yang ditampilkan sistem yang menghasilkan suatu hasil yang terukur bagi suatu aktor

9		<i>Collaboration</i>	Interaksi aturan-aturan dan elemen lain yang bekerja sama untuk menyediakan perilaku yang lebih besar dari jumlah dan elemen-elemennya (sinergi).
10		<i>Note</i>	Elemen fisik yang eksis saat aplikasi dijalankan dan mencerminkan suatu sumber daya komputasi

(Sumber: Hendini 2016)

(b) *Class Diagram*

hubungan antar kelas dan penjelasan detail tiap-tiap kelas di dalam model desain dari suatu sistem, juga memperlihatkan aturan-aturan dan tanggung jawab entitas yang menentukan perilaku sistem. *Class Diagram* juga menunjukkan atribut-atribut dan operasi-operasi dari sebuah kelas dan constraint yang berhubungan dengan objek yang dikoneksikan. *Class Diagram* secara khas meliputi: Kelas (*Class*), *Relasi Assosiations*, *Generalitation* dan *Aggregation*, atribut (*Attributes*), operasi (*operation/method*) dan *visibility*, tingkat akses objek eksternal kepada suatu operasi atau atribut. Hubungan antar kelas mempunyai keterangan yang disebut dengan *Multiplicity* atau *Cardinality*. [18]

Tabel 2. 13 Multiplicity class diagram

<i>Multiplicity</i>	<i>Penjelasan</i>
1	Satu dan hanya satu
0..*	Boleh tidak ada atau 1 atau lebih
1..*	1 atau lebih
0..1	Boleh tidak ada, maksimal 1
n..n	Batasan antara. Contoh 2..4 mempunyai arti minimal 2 maksimal 4

(Sumber: Hendini 2016)

(c) *Sequence Diagram*

Sequence Diagram menggambarkan kelakuan objek pada use case dengan mendeskripsikan waktu hidup objek dan pesan yang dikirimkan dan diterima antar objek [18].

Tabel 2. 14 *Sequence diagram*

NO	GAMBAR	NAMA	KETERANGAN
1		<i>LifeLine</i>	Objek <i>entity</i> , antarmuka yang saling berinteraksi.
2		<i>Message</i>	Spesifikasi dari komunikasi antar objek yang memuat informasi-informasi tentang aktifitas yang terjadi
3		<i>Message</i>	Spesifikasi dari komunikasi antar objek yang memuat informasi-informasi tentang aktifitas yang terjadi

(Sumber: Hendini 2016)

(d) Activity diagram

Activity Diagram menggambarkan workflow (aliran kerja) atau aktivitas dari sebuah sistem atau proses bisnis. [18];

Tabel 2. 15 *Activity diagram*

NO	GAMBAR	NAMA	KETERANGAN
1		<i>Actifity</i>	Memperlihatkan bagaimana masing-masing kelas antarmuka saling berinteraksi satu samalain
2		<i>Action</i>	State dari sistem yang mencerminkan eksekusi dari suatu aksi
3		<i>Initial Node</i>	Bagaimana objek dibentuk atau diawali.
4		<i>Actifity Final Node</i>	Bagaimana objek dibentuk dan dihancurkan
5		<i>Fork Node</i>	Satu aliran yang pada tahap tertentu berubah menjadi beberapa aliran

(Sumber: Hendini 2016)

2.2.9 Desain Sistem

Menurut Robert J. Verzello dan Joh Reuter III yang dikutip dalam HM Jogiyanto (2001: 196), desain sistem merupakan tahap setelah analisis dalam siklus pengembangan sistem, yang melibatkan pendefinisian kebutuhan fungsional serta persiapan untuk merancang dan membangun implementasi sistem dengan menjelaskan bagaimana sistem tersebut akan dibentuk. Sementara itu, menurut John Burch dan Gary Grudnitski, desain sistem adalah proses penggambaran, perencanaan, dan pengorganisasian sejumlah elemen yang terpisah menjadi satu kesatuan yang berfungsi secara utuh[16].

Menurut Jeffry L. Whitten dalam HM Jogiyanto (2001: 197)[16], tahap desain sistem mempunyai tujuan utama yaitu sebagai berikut.

1. Untuk memenuhi kebutuhan kepada pemakai sistem
2. Untuk memberikan gambaran yang jelas dan rancang bangun yang lengkap kepada pemrograman komputer dan ahli-ahli teknik lainnya yang terlibat.

Untuk mencapai tujuan ini Jeffry L. Whitten harus mencapai sasaran sebagai berikut:

1. Desain sistem harus berguna, mudah dipahami dan nantinya mudah digunakan.
2. Desain sistem harus dapat mendukung tujuan utama perusahaan
3. Desain sistem harus efisien dan efektif
4. Desain sistem harus dapat mempersiapkan rancang bangun yang terinci untuk masing- masing komponen dari sistem informasi.

Adapun Langkah Langkah dalam tahap desain sistem yaitu:

a) *System architecture design*

Pada tahap ini, arsitektur sistem didefinisikan sebagai struktur keseluruhan yang mencakup komponen, hubungan, dan interaksi antar komponen. Ini mencakup pemilihan teknologi, seperti bahasa pemrograman dan framework yang sesuai, serta model arsitektur yang direpresentasikan dalam diagram untuk memvisualisasikan interaksi antar komponen[19].

b) Databases design

Desain basis data bertujuan untuk merumuskan struktur penyimpanan data yang efisien dan efektif dalam sistem. Pada tahap ini, pengembang merancang bagaimana data akan disimpan, diorganisasi, dan diakses oleh aplikasi. Proses ini dimulai dengan pemodelan data, di mana pengembang menggunakan diagram Entitas-Relasi (ERD) untuk menggambarkan entitas, atribut, dan relasi antara entitas dalam basis data.

Desain basis data juga mencakup pemilihan jenis basis data yang sesuai, seperti relasional, NoSQL, atau objek, berdasarkan kebutuhan aplikasi. Pengembang harus mempertimbangkan kinerja, skalabilitas, dan kompleksitas dalam memilih jenis basis data yang paling cocok.

c) User interface design

Desain antarmuka pengguna (UI) bertujuan untuk menciptakan pengalaman pengguna yang intuitif dan menarik. Antarmuka pengguna adalah titik interaksi antara pengguna dan sistem, sehingga desain yang baik dapat meningkatkan kepuasan pengguna dan efisiensi penggunaan[19].

Selain itu, penting untuk mempertimbangkan aspek desain visual, termasuk pemilihan warna, tipografi, dan ikonografi. Desain visual yang konsisten dan menarik dapat meningkatkan daya tarik antarmuka dan memudahkan pengguna dalam memahami fungsi-fungsi yang ada. Penggunaan prinsip desain yang baik, seperti kontras, keseimbangan, dan hirarki visual, sangat membantu dalam menciptakan antarmuka yang mudah dinavigasi.

d) Program design

Desain program adalah langkah terakhir dalam tahap desain sistem yang berfokus pada pengembangan spesifikasi teknis untuk implementasi kode sumber. Proses ini dimulai dengan memecah sistem menjadi modul-modul kecil yang menangani fungsi tertentu, sehingga mempermudah pengelolaan dan pemeliharaan. Setiap modul dilengkapi dengan algoritma yang dirancang secara efisien, serta pemilihan struktur data yang sesuai untuk memastikan akses dan manipulasi data yang optimal. Dokumentasi yang jelas mengenai semua keputusan desain dan spesifikasi modul sangat penting untuk membantu

pengembang lain dalam memahami dan mengimplementasikan kode. Dengan desain program yang matang, pengembang memiliki panduan yang jelas untuk tahap implementasi, yang berkontribusi pada kualitas kode yang lebih tinggi dan pengurangan bug[19]

2.2.10 Kontruksi Sistem

Konstruksi sistem dengan pendekatan berorientasi objek merupakan metode yang memanfaatkan prinsip-prinsip dasar pemrograman berorientasi objek untuk merancang dan mengembangkan perangkat lunak yang efisien dan terstruktur, berfokus pada pengorganisasian kode dalam bentuk objek, yang merupakan kombinasi dari data dan perilaku yang relevan[19].

Konsep Utama dalam kontruksi sistem meliputi:

1. enkapsulasi, yang menyembunyikan detail implementasi dan hanya memperlihatkan antarmuka yang diperlukan.
2. pewarisan, yang memungkinkan objek baru untuk mewarisi sifat dan metode dari objek yang sudah ada.
3. polimorfisme, yang memungkinkan metode yang sama untuk beroperasi pada objek yang berbeda.

2.2.11 Pengujian Sistem

Teknik pengujian sistem merupakan serangkaian metode yang digunakan untuk memverifikasi dan memvalidasi kualitas dan kinerja sistem informasi sebelum implementasi penuh. Pengujian ini mencakup berbagai aspek, mulai dari pengujian unit individual hingga pengujian sistem secara keseluruhan. Teknik yang umum digunakan meliputi pengujian black-box yang berfokus pada fungsionalitas sistem tanpa melihat struktur internal kode, dan pengujian white-box yang menguji logika internal dan struktur kode. Pengujian integrasi dilakukan untuk memastikan berbagai komponen sistem dapat bekerja sama dengan baik, sementara pengujian penerimaan pengguna memverifikasi apakah sistem memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna akhir.

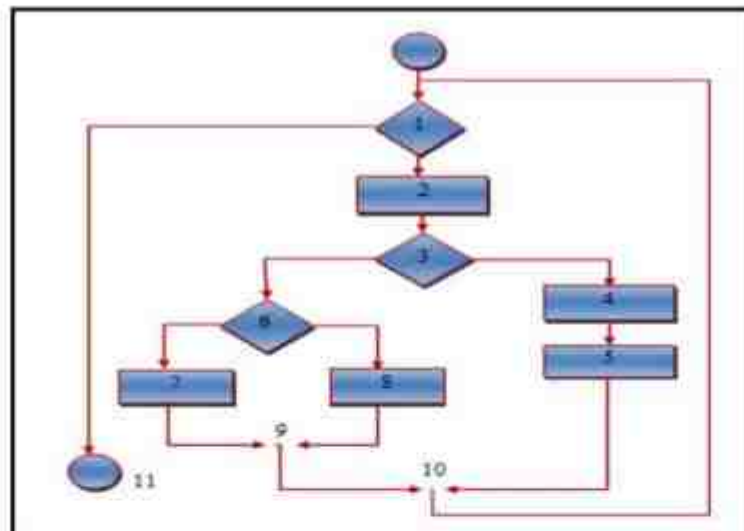
2.2.12 White Box Testing

Pengujian *white-box* (*glass box*), adalah metode desain *test case* yang menggunakan struktur kontrol desain prosedural untuk memperoleh test case.

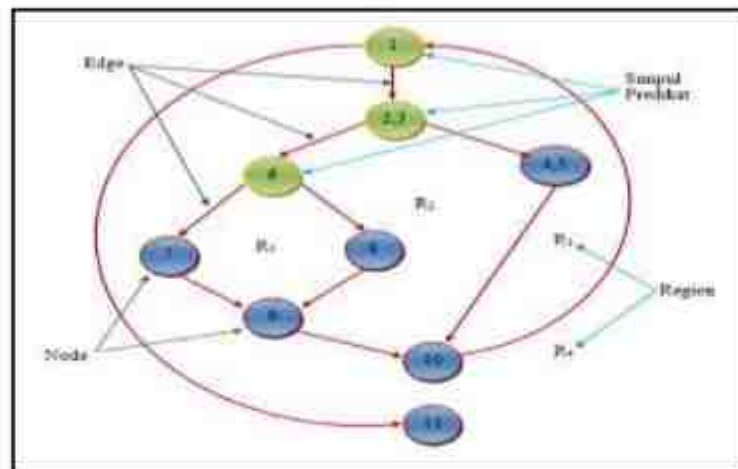
Dengan menggunakan metode pengujian white-box, pereayasa sistem dapat melakukan test case untuk memberikan jaminan bahwa:

- Semua jalur independen pada suatu modul ditelusuri minimal 1 (satu) kali.
- Semua jalur keputusan logis True/False dilalui.
- Semua loop dieksekusi pada batas yang tercantum dan batas operasionalnya.
- Struktur data internal digunakan agar validitas terjamin.

Pengujian white-box bisa dilakukan dengan pengujian basis path, metode ini merupakan salah satu teknik pengujian struktur kontrol untuk menjamin semua statemen dalam setiap jalur independen program dieksekusi minimal 1 kali dan tidak menjumpai error message. Perhitungan jalur independen dapat dilakukan melalui metrik Cyclomatic Complexity. Sebelum menghitung nilai Cyclomatic Complexity, harus diterjemahkan desain prosuderal ke grafik alir, kemudian dibuat flow graphnya, seperti pada gambar di bawah ini (Roger S. Pressman, 2002: 536)



Gambar 2. 4 Contoh Bagan Air (Roger S Pressman)



Gambar 2. 5 Grafik air (Roger S Pressman)

Keterangan:

- Node* adalah lingkaran yang merepresentasikan satu atau lebih statemen prosedural.
- Edge* adalah anak panah pada grafik alir.
- Region* adalah area yang membatasi edge dan node.
- Simpul Predikat adalah simpul atau node yang berisi kondisi yang ditandai dengan dua atau lebih edge yang berasal darinya.

Darigambar *flowgraph* di atas didapat:

Path 1 = 1 – 11

Path 2 = 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 10 – 1 – 11

Path 3 = 1 – 2 – 3 – 6 – 8 – 9 – 10 – 1 – 11

Path 4 = 1 – 2 – 3 – 6 – 7 – 9 – 10 – 1 – 11

Path 1,2,3,4 yang telah didefinisikan diatas merupakan *basis set* untuk diagram alir.

Cyclomatic complexity digunakan untuk mencari jumlah *path* dalam satu *flowgraph*

Dapat dipergunakan rumusan sebagai berikut:

- Jumlah region grafik alir sesuai dengan *cyclomatic complexity*.
- Cyclomatic complexity* $V(G)$ untuk grafik alir dihitung dengan rumus:

$$V(G) = E - N + 2 \dots\dots\dots(2. 5)$$

Dimana:

E = jumlah *edge* pada grafik alir

N = jumlah *node* pada grafik alir

Cyclomatic complexity $V(G)$ juga dapat dihitung dengan rumus:

$$V(G) = P + 1 \dots\dots\dots(2. 6)$$

Dimana P = jumlah *predicate node* pada grafik alir

Dari Gambar di atas dapat dihitung *cyclomatic complexity*:

1. *Flowgraph* mempunyai 4 region

2. $V(G) = 11 \text{ edge} - 9 \text{ node} + 2 = 4$

3. $V(G) = 3 \text{ predicate node} + 1 = 4$

Jadi *cyclomatic complexity* untuk *flowgraph* adalah 4.

2.2.13 Black Box Testing

Menurut Pressman dalam (Khasanah, Kesuma, & Wijianto, 2018) *Black box testing* merupakan pengujian yang memungkinkan software engineer mendapatkan serangkaian kondisi input yang sepenuhnya menggunakan semua persyaratan fungsional untuk suatu program.

Pengujian *black-box* berusaha menemukan kesalahan dalam kategori menurut (Suryawan, Prasetya, Budiawan, Nip, & Nipt, 2019) sebagai berikut:

1. fungsi – fungsi yang tidak benar atau hilang
2. Kesalahan interface
3. Kesalahan dalam struktur data atau akses database eksternal
4. Kesalahan Kinerja
5. Inisialisasi dan kesalahan tereliminasi

Menurut (Syafitri, 2015), Ciri-ciri *black box testing*, yaitu:

1. *black box testing* berfokus pada kebutuhan fungsional pada software, berdasarkan pada spesifikasi kebutuhan dari software.
2. *Black box testing* bukan teknik alternatif dari pada white box testing. Lebih dari pada itu, ia merupakan pendekatan pelengkap dalam mencakup error dengan kelas yang berbeda dari metode white box testing

3. *Black box* testing melakukan pengujian tanpa pengetahuan detail struktur internal dari sistem atau komponen yang dites, juga disebut sebagai *behavioral testing*, *specification-based testing*, *input/output testing* atau *functional testing*.

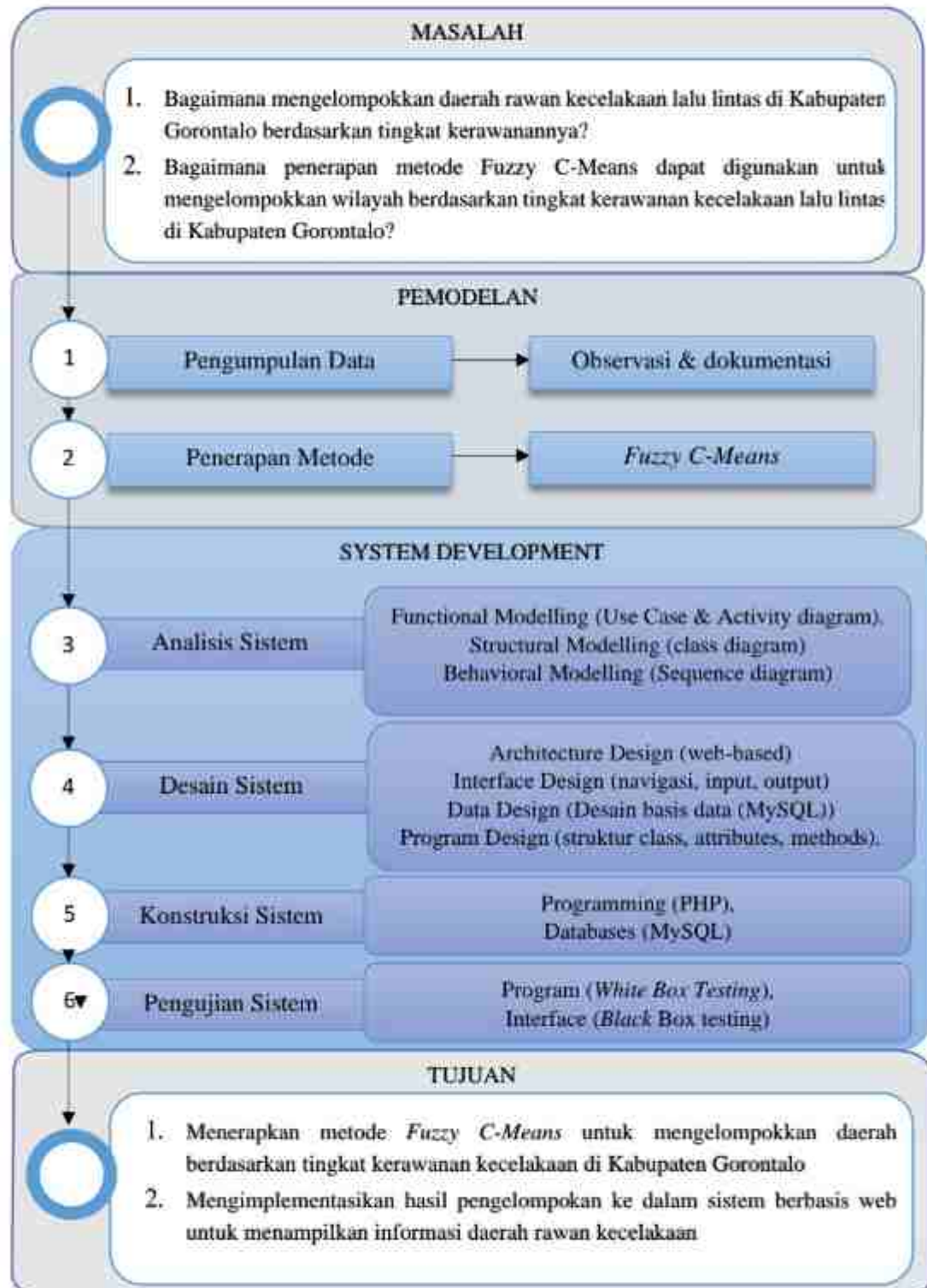
2.3 Perangkat Lunak Pendukung

Adapun perangkat lunak pendukung yang digunakan oleh penulis dalam membangun sistem ini ada beberapa diantaranya adalah:

Tabel 2. 16 Perangkat Lunak Pendukung

No.	Perangkat Lunak Pendukung	Kegunaan
1.	<i>PHP</i>	bahasa pemrograman <i>server-side</i> yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi web dinamis
2.	<i>Database MySQL</i>	Sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) yang berfungsi untuk menyimpan dan mengelola data

2.4 Kerangka Pikir



Gambar 2. 6 Kerangka Pikir

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis, Metode, Subjek, Objek, Waktu, dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan berdasarkan tingkat penerapannya. Ditinjau dari jenis informasi yang diolah dan perlakuan terhadap datanya, penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian kuantitatif. Penelitian ini menggunakan metode penelitian studi kasus. Dengan demikian jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif.

Subjek penelitian ini adalah klasterisasi pada objek daerah rawan kecelakaan lalu lintas di kabupaten gorontalo. Penelitian ini dimulai dari 9 Oktober 2024 sampai dengan 11 oktober 2024 yang berlokasi Direktorat Lalu Lintas Polda Gorontalo.

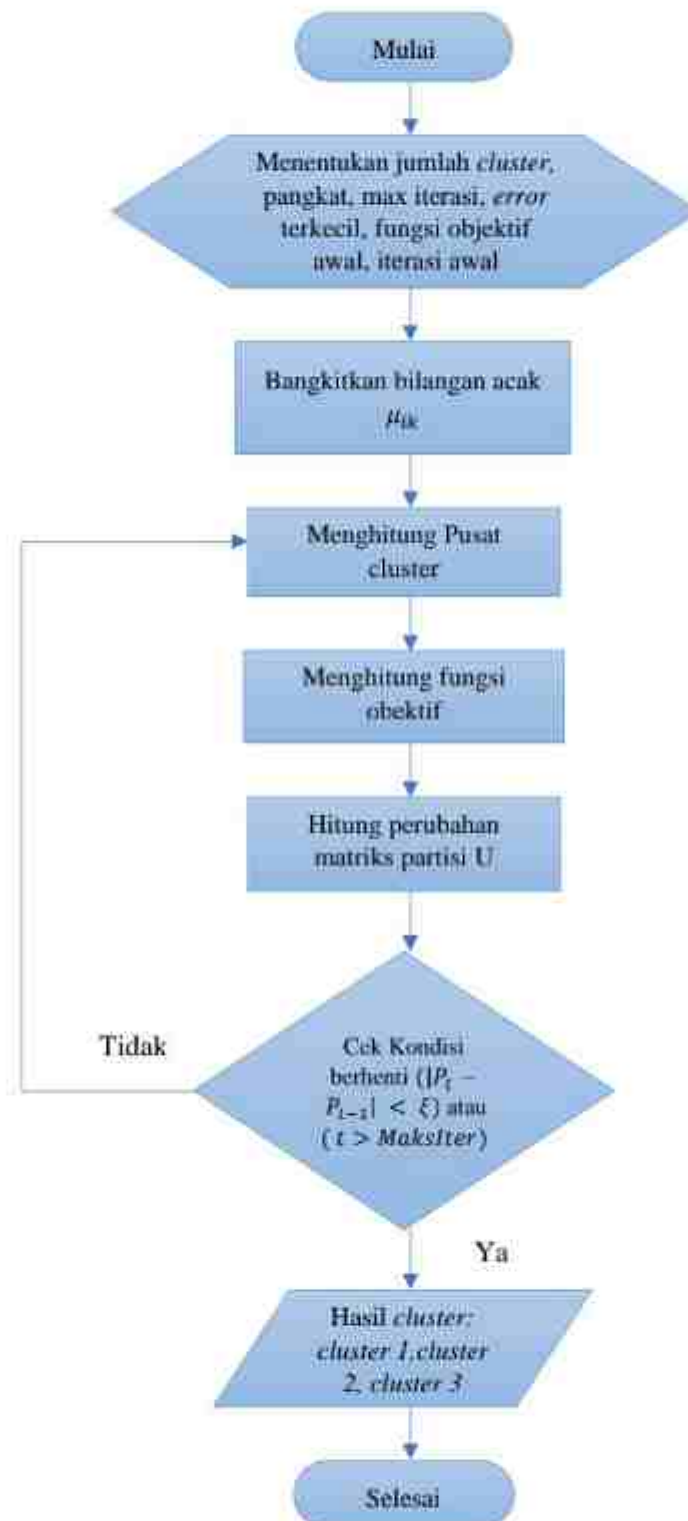
3.2 Pengumpulan data

Data primer dalam penelitian ini adalah data jumlah kecelakaan yang tersebar di beberapa wilayah di Kabupaten Gorontalo dan jumlah korban kecelakaan. Data ini diperoleh melalui teknik observasi, dokumentasi, dan wawancara dengan pihak terkait. Data sekunder berupa informasi tambahan yang mendukung penerapan metode *Fuzzy C-Means*, seperti referensi literatur, studi terdahulu. Berikut adalah rincian data yang digunakan dalam penelitian:

Tabel 3. 1 Variabel dan Atribut Penelitian

No	Name	Type	Keterangan
1	Lokasi	String	Variabel Input
2	Total Laka	Integer	Varibel Input
3	Meninggal Dunia	Integer	Varibel Input
4	Luka Berat	Integer	Varibel Input
5	Luka Ringan	Integer	Variabel Input

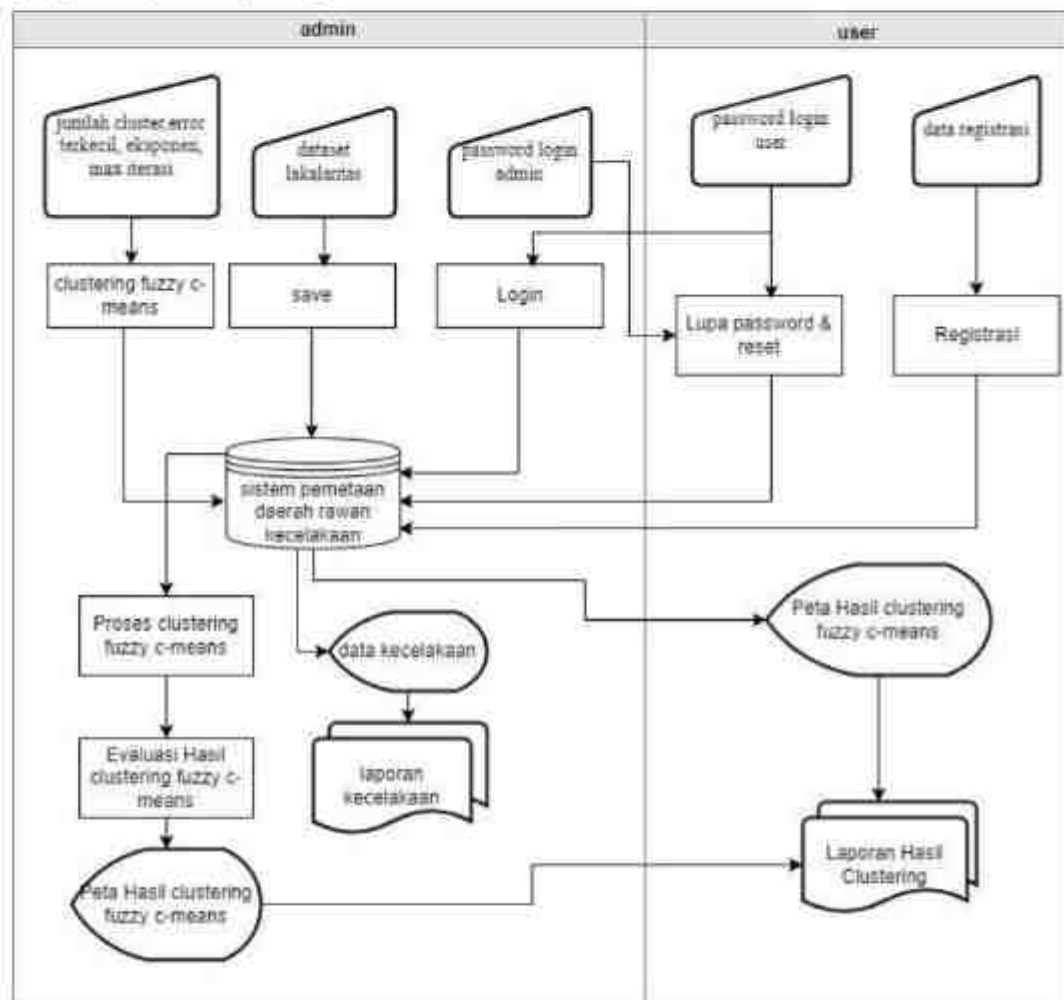
3.3 Penerapan Metode Fuzzy C-Means



Gambar 3. 1 Tahapan Fuzzy C-Means

3.4 Pengembangan Sistem

Sistem yang diusulkan dapat digambarkan menggunakan *flowchart* dokumen yang ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3. 2 Sistem yang diusulkan

3.4.1 Analisis Sistem

Analisis sistem menggunakan pendekatan berorientasi objek yang digambarkan dalam bentuk:

- (a) *Functional modelling*, menggunakan alat bantu UML, dalam bentuk:
 - *Use Case diagram*
 - *Activity diagram*
- (b) *Structural modelling*, menggunakan alat bantu UML, dalam bentuk:
 - *Class diagram*

(c) *Behavioral modelling*, menggunakan alat bantu UML, dalam bentuk:

- *Sequence diagram*

3.4.2 Desain Sistem

Desain sistem menggunakan pendekatan berorientasi objek yang digambarkan dalam bentuk:

(a) *Architecture design*, menggunakan alat bantu UML, dalam bentuk:

- Model jaringan dari sistem *client server*
- Spesifikasi hardware dan software yang direkomendasikan.

(b) *Interface design*, menggunakan alat bantu UML, dalam bentuk:

- Mekanisme user
- Mekanisme Navigasi
- Mekanisme Input
- Mekanisme Output (Report)

(c) *Data design*, menggunakan alat bantu UML, dalam bentuk:

- Format data yang digunakan SQL.
- Struktur data
- *Database diagram*

(d) *Program design*, menggunakan alat bantu UML, dalam bentuk:

- *Class*
- *Attributes*
- *Method*
- *Event*

3.4.3 Kontruksi Sistem

Pada tahap ini menerjemahkan hasil pada tahap analisis dan desain kedalam kode kode program komputer kemudian membangun sistemnya. Alat bantu yang digunakan pada tahap ini adalah *Visual Studio*, Teknologi web yang digunakan *PHP*. Alat bantu *database* yang digunakan *Mysql*.

3.4.4 Pengujian Sistem

(a) *White Box testing*

Software yang telah direkayasa kemudian diuji dengan metode *white box testing* pada kode program proses penerapan metodenya. Kode program tersebut

di buatkan flowchart programnya, kemudian dipetakan ke dalam bentuk *flowgraph* yang tersusun dari beberapa node dan edge. Berdasarkan *flowgraph*, ditentukan jumlah region dan *cyclomatic complexity (CC)*, apabila *independent path = V(G) = (CC) = Region* dimana setiap path hanya dieksekusi sekali dan sudah benar, maka sistem dinyatakan efisien dari segi kelayakan logika pemrograman.

(b) Black Box testing

Selanjutnya *software* diuji pula dengan metode *black box testing* yang focus pada keperluan fungsional dari *software* dan berusaha untuk menemukan kesalahan dalam beberapa kategori, diantaranya: (1). Fungsi fungsi yang salah atau hilang; (2). Kesalahan interface; (3). Kesalahan dalam struktur data atau akses basis data eksternal; (4). Kesalahan performa; (5). Kesalahan inisialisasi dan terminasi. Jika sudah tidak ada kesalahan kesalahan tersebut, maka sistem dinyatakan efisien dari segi kesalahan komponen komponen sistem.

BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan merupakan informasi mengenai kecelakaan lalu lintas yang terjadi di Kabupaten Gorontalo. Data tersebut mencakup jumlah kecelakaan, korban meninggal dunia, luka berat, dan luka ringan yang terjadi di setiap desa dan kecamatan dalam periode tahun 2020 sampai 2024. Berikut adalah tabel yang menyajikan hasil pengumpulan data kecelakaan lalu lintas berdasarkan lokasi dan tahun kejadian.

Tabel 4. 1 Hasil Pengumpulan Data

No	Kecamatan	Kelurahan/Desa	Tahun	Jumlah Laka	MD	LB	LR
1	Limboto	Dutulanaa	2024	1	0	0	2
2	Limboto	Kayubulan	2024	5	1	1	5
3	Limboto	Hutuo	2024	2	2	0	4
4	Limboto	Tilihuwa	2024	0	0	0	0
5	Limboto	Biyonga	2024	0	0	0	0
6	Limboto	Hunggaluwa	2024	3	1	2	4
7	Limboto	Hepuhulawa	2024	0	0	0	0
8	Limboto	Bolihuangga	2024	1	0	1	2
9	Limboto	Tenilo	2024	2	1	0	2
10	Limboto	Kayumerah	2024	0	0	0	0
11	Telaga Biru	Dumati	2024	2	0	0	3
12	Telaga Biru	Ulapato	2024	2	0	0	3
13	Telaga Biru	Timuato	2024	1	0	1	1
14	Telaga Biru	Talumelito	2024	0	0	0	0
448	Batudaa Pantai	Biluhu Timur	2020	1	0	0	1
449	Batudaa Pantai	Olimo'o	2020	0	0	0	0

4.2 Hasil Pemodelan

4.2.1 Analisis Data Kecelakaan

Dataset yang telah kemudian dijumlahkan untuk menghitung total jumlah kecelakaan dan korban di setiap lokasi. Jumlah kecelakaan dan korban ini selanjutnya menjadi dasar dalam proses pemodelan untuk mengidentifikasi daerah-daerah rawan kecelakaan menggunakan metode Fuzzy C-Means, yang di sajikan pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Hasil Analisa Data Lakalantas

No	Kecamatan	Kelurahan/Desa	Jumlah Laka	MD	LB	LR
1	Asparaga	Bululi	8	0	0	5
2	Asparaga	Karya Baru	5	0	0	3
3	Asparaga	Tiohu	5	0	0	7
4	Batudaa	Biluhu	7	0	0	10
5	Batudaa	Bua	4	0	0	8
6	Batudaa	Iluta	8	0	0	10
7	Batudaa	Payunga	5	0	0	8
8	Batudaa	Pilobuhuta	5	0	0	7
9	Batudaa Pantai	Biluhu Timur	4	0	0	2
10	Batudaa Pantai	Olimo'o	5	0	0	1
11	Bilato	Lamahu	8	0	0	12
12	Bilato	Suka Damai	7	0	0	11
13	Boliyohuto	Diloniyohu	4	0	0	5
14	Boliyohuto	Parungi	10	0	0	5
15	Bongomeme	Otopade	4	0	0	7
16	Bongomeme	Pilolalenga	7	0	0	10
17	Dungaliyo	Bongomeme	8	0	0	6
18	Dungaliyo	Botuboluwe	9	0	0	7
19	Dungaliyo	Dungaliyo	4	0	0	4
...	...	...	...	..	..	...
89	Tolangohula	Sidoharjo	7	0	0	9

4.2.2 Penerapan Metode Fuzzy C-Means

Dalam penelitian ini, metode *Fuzzy C-Means* digunakan untuk mengelompokkan lokasi kecelakaan ke dalam tiga *cluster* berdasarkan tingkat kepadatan kecelakaan, yaitu C1 = Cukup Rawan, C2 = Rawan, dan C3 = Aman. Proses klasterisasi diawali dengan menentukan jumlah cluster (C) dan nilai error terkecil (ξ) sebagai ambang batas konvergensi. Iterasi dilakukan secara bertahap hingga mencapai konvergensi, yang dalam penelitian ini berlangsung hingga iterasi ke-44. Untuk menjaga kejelasan dan efisiensi penyajian data, hanya hasil perhitungan pada iterasi ke-1, iterasi ke-2, dan iterasi terakhir (iterasi ke-44) yang ditampilkan guna memberikan gambaran perkembangan proses klasterisasi. Selain itu, fungsi tujuan awal (P_0) dan iterasi awal (t) juga ditentukan agar algoritma berjalan secara optimal. Adapun langkah-langkah penerapannya adalah sebagai berikut.

4.2.2.1 Iterasi ke-1

1. Tentukan nilai awal
 - a. Jumlah cluster = 3
 - b. Pangkat/eksponen = 2
 - c. Maksimum Iterasi = 100
 - d. Error yang diharapkan = 0,0001
 - e. Fungsi objektif awal = 0
 - f. Iterasi awal = 1
2. Membuat bilangan acak μ_{ik} (dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $k = 1, 2, \dots, c$) sebagai elemen matriks derajat keanggotaan awal (U) dengan syarat $C1 + C2 + C3 = 1$

Tabel 4. 3 Matriks Partisi Awal

No	Matriks Partisi Awal		
1	0,43	0,44	0,13
2	0,42	0,32	0,26
3	0,48	0,09	0,43
4	0,37	0,24	0,38
5	0,57	0,15	0,28
6	0,46	0,48	0,06

No	Matriks Partisi Awal		
7	0,24	0,29	0,47
8	0,07	0,48	0,46
9	0,08	0,52	0,40
10	0,41	0,20	0,38
11	0,38	0,42	0,20
12	0,45	0,00	0,55
...	...	...	...
89	0,3613	0,4034	0,2353

3. Kemudian Menghitung Pusat cluster (c) berdasarkan nilai keanggotaan yang telah ditentukan sebelumnya

Tabel 4. 4 Perhitungan Pusat Cluster 1 Iterasi ke-1

Dataset				μ_{t1}^2	$\mu_{t1}^2 * X1$	$\mu_{t1}^2 * X2$	$\mu_{t1}^2 * X3$	$\mu_{t1}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
8	0	0	5	0,1831	1,4648	0,0000	0,0000	0,9155
5	0	0	3	0,1739	0,8694	0,0000	0,0000	0,5217
5	0	0	7	0,2323	1,1616	0,0000	0,0000	1,6263
7	0	0	10	0,1404	0,9828	0,0000	0,0000	1,4040
4	0	0	8	0,3199	1,2796	0,0000	0,0000	2,5592
8	0	0	10	0,2133	1,7061	0,0000	0,0000	2,1326
5	0	0	8	0,0600	0,2999	0,0000	0,0000	0,4798
5	0	0	7	0,0045	0,0224	0,0000	0,0000	0,0313
4	0	0	2	0,0070	0,0279	0,0000	0,0000	0,0139
5	0	0	1	0,1712	0,8562	0,0000	0,0000	0,1712
8	0	0	12	0,1450	1,1601	0,0000	0,0000	1,7401
7	0	0	11	0,2027	1,4188	0,0000	0,0000	2,2295
4	0	0	5	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0002
10	0	0	5	0,1838	1,8378	0,0000	0,0000	0,9189
4	0	0	7	0,0007	0,0027	0,0000	0,0000	0,0047
7	0	0	10	0,1485	1,0392	0,0000	0,0000	1,4846
8	0	0	6	0,2549	2,0394	0,0000	0,0000	1,5295
9	0	0	7	0,0513	0,4621	0,0000	0,0000	0,3594
4	0	0	4	0,0007	0,0028	0,0000	0,0000	0,0028
5	0	0	2	0,0327	0,1636	0,0000	0,0000	0,0654
4	0	0	7	0,0781	0,3123	0,0000	0,0000	0,5465
7	0	1	12	0,1245	0,8713	0,0000	0,1245	1,4936
7	0	2	8	0,0229	0,1602	0,0000	0,0458	0,1831

Dataset				μ_{il}^2	$\mu_{il}^2 * X1$	$\mu_{il}^2 * X2$	$\mu_{il}^2 * X3$	$\mu_{il}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
7	0	0	13	0,3218	2,2528	0,0000	0,0000	4,1838
9	0	1	11	0,0587	0,5284	0,0000	0,0587	0,6458
11	0	0	14	0,4255	4,6804	0,0000	0,0000	5,9569
8	0	2	14	0,2197	1,7574	0,0000	0,4394	3,0755
11	1	1	16	0,0184	0,2029	0,0184	0,0184	0,2951
10	0	0	17	0,2432	2,4325	0,0000	0,0000	4,1352
7	0	0	8	0,0350	0,2450	0,0000	0,0000	0,2801
10	6	3	10	0,5802	5,8019	3,4811	1,7406	5,8019
10	2	0	15	0,1295	1,2953	0,2591	0,0000	1,9429
14	8	4	19	0,0438	0,6127	0,3501	0,1751	0,8315
15	6	6	23	0,1792	2,6877	1,0751	1,0751	4,1212
13	9	2	21	0,0196	0,2544	0,1761	0,0391	0,4110
19	6	2	16	0,1562	2,9675	0,9371	0,3124	2,4989
6	3	1	5	0,2182	1,3091	0,6545	0,2182	1,0909
7	4	2	7	0,1681	1,1767	0,6724	0,3362	1,1767
5	0	4	4	0,2486	1,2430	0,0000	0,9944	0,9944
8	0	0	9	0,0392	0,3136	0,0000	0,0000	0,3528
6	0	0	3	0,0708	0,4245	0,0000	0,0000	0,2123
11	4	1	16	0,1197	1,3169	0,4789	0,1197	1,9155
8	2	2	11	0,1889	1,5110	0,3778	0,3778	2,0776
7	0	2	12	0,1054	0,7380	0,0000	0,2109	1,2652
9	3	1	16	0,0681	0,6131	0,2044	0,0681	1,0899
12	3	2	18	0,1465	1,7575	0,4394	0,2929	2,6363
14	3	2	22	0,2475	3,4651	0,7425	0,4950	5,4451
8	2	2	11	0,0037	0,0294	0,0073	0,0073	0,0404
5	0	0	7	0,1816	0,9082	0,0000	0,0000	1,2715
5	1	0	7	0,4636	2,3181	0,4636	0,0000	3,2454
7	0	1	11	0,1559	1,0911	0,0000	0,1559	1,7145
6	0	0	8	0,0455	0,2730	0,0000	0,0000	0,3640
12	2	5	13	0,2838	3,4052	0,5675	1,4188	3,6890
12	3	2	24	0,0987	1,1839	0,2960	0,1973	2,3678
8	4	1	8	0,2035	1,6279	0,8140	0,2035	1,6279
16	6	4	30	0,0358	0,5734	0,2150	0,1433	1,0750
12	3	4	18	0,0127	0,1521	0,0380	0,0507	0,2282
6	4	0	6	0,0994	0,5965	0,3977	0,0000	0,5965
12	4	2	14	0,0947	1,1369	0,3790	0,1895	1,3264
9	2	3	8	0,0755	0,6796	0,1510	0,2265	0,6041

Dataset				μ_{i1}^2	$\mu_{i1}^2 * X1$	$\mu_{i1}^2 * X2$	$\mu_{i1}^2 * X3$	$\mu_{i1}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
9	5	3	10	0,1916	1,7242	0,9579	0,5747	1,9158
13	5	1	14	0,0220	0,2855	0,1098	0,0220	0,3075
5	3	1	5	0,2477	1,2385	0,7431	0,2477	1,2385
15	2	4	19	0,0516	0,7743	0,1032	0,2065	0,9808
5	2	1	7	0,1523	0,7617	0,3047	0,1523	1,0663
13	8	3	16	0,0058	0,0755	0,0465	0,0174	0,0929
19	5	9	23	0,0992	1,8853	0,4961	0,8930	2,2822
5	3	1	7	0,0815	0,4073	0,2444	0,0815	0,5702
12	7	2	19	0,0101	0,1217	0,0710	0,0203	0,1927
11	9	2	16	0,2364	2,6003	2,1275	0,4728	3,7822
18	5	3	15	0,1258	2,2646	0,6291	0,3774	1,8872
9	1	2	8	0,0020	0,0183	0,0020	0,0041	0,0163
9	3	2	14	0,1517	1,3654	0,4551	0,3034	2,1239
7	2	0	10	0,3298	2,3087	0,6596	0,0000	3,2982
8	1	0	9	0,0892	0,7138	0,0892	0,0000	0,8030
16	0	5	21	0,3905	6,2480	0,0000	1,9525	8,2005
8	3	1	12	0,0056	0,0449	0,0168	0,0056	0,0673
13	3	1	13	0,1094	1,4226	0,3283	0,1094	1,4226
9	2	0	15	0,2788	2,5091	0,5576	0,0000	4,1818
7	1	2	12	0,2221	1,5549	0,2221	0,4442	2,6655
7	1	0	11	0,0094	0,0655	0,0094	0,0000	0,1029
5	0	0	9	0,0289	0,1447	0,0000	0,0000	0,2604
3	0	0	5	0,0389	0,1168	0,0000	0,0000	0,1946
7	0	0	9	0,4132	2,8923	0,0000	0,0000	3,7187
5	0	0	8	0,1077	0,5386	0,0000	0,0000	0,8617
9	0	0	12	0,3039	2,7354	0,0000	0,0000	3,6472
9	0	0	14	0,0899	0,8095	0,0000	0,0000	1,2592
6	0	0	10	0,0080	0,0478	0,0000	0,0000	0,0797
7	0	0	9	0,1105	0,7734	0,0000	0,0000	0,9944
Total (Σ)				12,4712	108,1524	21,3695	15,6200	139,2155

Keterangan:

- X_i = Variabel data yang digunakan
- μ_{ik}^2 = Nilai keanggotaan data ke Cluster-k yang dipangkatkan ($m = 2$)

Tabel 4.4 di atas menunjukkan perhitungan pusat Cluster 1 pada iterasi pertama. Dataset terdiri dari empat variabel ($X1, X2, X3, X4$) yang mewakili

data kecelakaan. Nilai keanggotaan (μ_{ik}^2) dipangkatkan dengan $m = 2$ dan dikalikan dengan setiap variabel data untuk menghitung kontribusi masing-masing data terhadap pusat cluster. Hasil perkalian tersebut dijumlahkan (Total Σ) pada setiap kolom, yang kemudian digunakan untuk menghitung pusat Cluster 3 dengan membagi total perkalian dengan total nilai keanggotaan.

Tabel 4. 5 Perhitungan Pusat Cluster 2 iterasi 1

Dataset				μ_{i2}^2	$\mu_{i2}^2 \cdot X1$	$\mu_{i2}^2 \cdot X2$	$\mu_{i2}^2 \cdot X3$	$\mu_{i2}^2 \cdot X4$
X1	X2	X3	X4					
8	0	0	5	0,1921	1,5369	0,0000	0,0000	0,9605
5	0	0	3	0,1039	0,5194	0,0000	0,0000	0,3116
5	0	0	7	0,0078	0,0388	0,0000	0,0000	0,0543
7	0	0	10	0,0591	0,4140	0,0000	0,0000	0,5915
4	0	0	8	0,0239	0,0956	0,0000	0,0000	0,1912
8	0	0	10	0,2309	1,8470	0,0000	0,0000	2,3088
5	0	0	8	0,0835	0,4173	0,0000	0,0000	0,6677
5	0	0	7	0,2272	1,1362	0,0000	0,0000	1,5907
4	0	0	2	0,2715	1,0862	0,0000	0,0000	0,5431
5	0	0	1	0,0417	0,2085	0,0000	0,0000	0,0417
8	0	0	12	0,1754	1,4031	0,0000	0,0000	2,1047
7	0	0	11	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
4	0	0	5	0,0343	0,1370	0,0000	0,0000	0,1713
10	0	0	5	0,0708	0,7076	0,0000	0,0000	0,3538
4	0	0	7	0,4554	1,8214	0,0000	0,0000	3,1875
7	0	0	10	0,1276	0,8931	0,0000	0,0000	1,2759
8	0	0	6	0,1036	0,8284	0,0000	0,0000	0,6213
9	0	0	7	0,0679	0,6107	0,0000	0,0000	0,4750
4	0	0	4	0,2612	1,0449	0,0000	0,0000	1,0449
5	0	0	2	0,0761	0,3803	0,0000	0,0000	0,1521
4	0	0	7	0,1652	0,6610	0,0000	0,0000	1,1567
7	0	1	12	0,2801	1,9604	0,0000	0,2801	3,3606
7	0	2	8	0,2134	1,4941	0,0000	0,4269	1,7076
7	0	0	13	0,0103	0,0720	0,0000	0,0000	0,1337
9	0	1	11	0,2880	2,5924	0,0000	0,2880	3,1685
11	0	0	14	0,0001	0,0006	0,0000	0,0000	0,0007
8	0	2	14	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	1	1	16	0,0954	1,0489	0,0954	0,0954	1,5257
10	0	0	17	0,1284	1,2838	0,0000	0,0000	2,1824

Dataset				μ_{i2}^2	$\mu_{i2}^2 * X1$	$\mu_{i2}^2 * X2$	$\mu_{i2}^2 * X3$	$\mu_{i2}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
7	0	0	8	0,0317	0,2220	0,0000	0,0000	0,2538
10	6	3	10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	2	0	15	0,1274	1,2745	0,2549	0,0000	1,9117
14	8	4	19	0,1047	1,4651	0,8372	0,4186	1,9884
15	6	6	23	0,1834	2,7503	1,1001	1,1001	4,2172
13	9	2	21	0,0632	0,8210	0,5684	0,1263	1,3262
19	6	2	16	0,0923	1,7536	0,5538	0,1846	1,4767
6	3	1	5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	4	2	7	0,1356	0,9490	0,5423	0,2711	0,9490
5	0	4	4	0,2501	1,2505	0,0000	1,0004	1,0004
8	0	0	9	0,1161	0,9286	0,0000	0,0000	1,0447
6	0	0	3	0,0938	0,5629	0,0000	0,0000	0,2815
11	4	1	16	0,1783	1,9617	0,7133	0,1783	2,8534
8	2	2	11	0,2071	1,6569	0,4142	0,4142	2,2783
7	0	2	12	0,1639	1,1476	0,0000	0,3279	1,9673
9	3	1	16	0,1501	1,3507	0,4502	0,1501	2,4013
12	3	2	18	0,2940	3,5278	0,8819	0,5880	5,2917
14	3	2	22	0,1647	2,3054	0,4940	0,3293	3,6228
8	2	2	11	0,1229	0,9834	0,2458	0,2458	1,3521
5	0	0	7	0,2255	1,1277	0,0000	0,0000	1,5787
5	1	0	7	0,0448	0,2239	0,0448	0,0000	0,3134
7	0	1	11	0,0316	0,2213	0,0000	0,0316	0,3477
6	0	0	8	0,1347	0,8081	0,0000	0,0000	1,0775
12	2	5	13	0,0068	0,0817	0,0136	0,0340	0,0885
12	3	2	24	0,1864	2,2364	0,5591	0,3727	4,4728
8	4	1	8	0,0218	0,1745	0,0873	0,0218	0,1745
16	6	4	30	0,2270	3,6313	1,3617	0,9078	6,8087
12	3	4	18	0,0325	0,3901	0,0975	0,1300	0,5851
6	4	0	6	0,1005	0,6029	0,4020	0,0000	0,6029
12	4	2	14	0,0097	0,1160	0,0387	0,0193	0,1353
9	2	3	8	0,1358	1,2221	0,2716	0,4074	1,0863
9	5	3	10	0,1691	1,5218	0,8454	0,5073	1,6909
13	5	1	14	0,1801	2,3415	0,9006	0,1801	2,5216
5	3	1	5	0,1849	0,9245	0,5547	0,1849	0,9245
15	2	4	19	0,0236	0,3544	0,0472	0,0945	0,4489
5	2	1	7	0,1528	0,7640	0,3056	0,1528	1,0696
13	8	3	16	0,5817	7,5622	4,6537	1,7451	9,3074

Dataset				μ_{i2}^2	$\mu_{i2}^2 * X1$	$\mu_{i2}^2 * X2$	$\mu_{i2}^2 * X3$	$\mu_{i2}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
19	5	9	23	0,0960	1,8247	0,4802	0,8643	2,2089
5	3	1	7	0,2211	1,1054	0,6633	0,2211	1,5476
12	7	2	19	0,0796	0,9550	0,5571	0,1592	1,5120
11	9	2	16	0,0642	0,7058	0,5774	0,1283	1,0266
18	5	3	15	0,1808	3,2543	0,9040	0,5424	2,7119
9	1	2	8	0,1116	1,0046	0,1116	0,2232	0,8930
9	3	2	14	0,0574	0,5162	0,1721	0,1147	0,8030
7	2	0	10	0,0994	0,6955	0,1987	0,0000	0,9935
8	1	0	9	0,2796	2,2370	0,2796	0,0000	2,5167
16	0	5	21	0,0547	0,8753	0,0000	0,2735	1,1489
8	3	1	12	0,1450	1,1601	0,4350	0,1450	1,7401
13	3	1	13	0,4003	5,2040	1,2009	0,4003	5,2040
9	2	0	15	0,1816	1,6348	0,3633	0,0000	2,7247
7	1	2	12	0,0902	0,6317	0,0902	0,1805	1,0829
7	1	0	11	0,6437	4,5058	0,6437	0,0000	7,0805
5	0	0	9	0,1955	0,9777	0,0000	0,0000	1,7599
3	0	0	5	0,0342	0,1027	0,0000	0,0000	0,1711
7	0	0	9	0,0522	0,3652	0,0000	0,0000	0,4695
5	0	0	8	0,4169	2,0846	0,0000	0,0000	3,3354
9	0	0	12	0,0058	0,0523	0,0000	0,0000	0,0697
9	0	0	14	0,1056	0,9500	0,0000	0,0000	1,4778
6	0	0	10	0,0508	0,3048	0,0000	0,0000	0,5081
7	0	0	9	0,0081	0,0566	0,0000	0,0000	0,0727
Total (Σ)				12,2974	104,6595	24,0123	14,4673	138,3931

Keterangan:

- X_i = Variabel data yang digunakan
- μ_{ik}^2 = Nilai keanggotaan data ke Cluster-k yang dipangkatkan ($m = 2$)

Tabel 4.5 di atas menunjukkan perhitungan pusat Cluster 2 pada iterasi pertama. Dataset terdiri dari empat variabel ($X1, X2, X3, X4$) yang mewakili data kecelakaan. Nilai keanggotaan (μ_{ik}^2) dipangkatkan dengan $m = 2$ dan dikalikan dengan setiap variabel data untuk menghitung kontribusi masing-masing data terhadap pusat cluster. Hasil perkalian tersebut dijumlahkan (Total Σ) pada setiap kolom, yang kemudian digunakan untuk menghitung pusat Cluster 3 dengan membagi total perkalian dengan total nilai keanggotaan.

Tabel 4. 6 Perhitungan Pusat Cluster 3 Iterasi 1

Dataset				μ_{i3}^2	$\mu_{i3}^2 * X1$	$\mu_{i3}^2 * X2$	$\mu_{i3}^2 * X3$	$\mu_{i3}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
8	0	0	5	0,0179	0,1432	0,0000	0,0000	0,0895
5	0	0	3	0,0680	0,3398	0,0000	0,0000	0,2039
5	0	0	7	0,1848	0,9241	0,0000	0,0000	1,2937
7	0	0	10	0,1460	1,0220	0,0000	0,0000	1,4600
4	0	0	8	0,0783	0,3132	0,0000	0,0000	0,6263
8	0	0	10	0,0033	0,0266	0,0000	0,0000	0,0333
5	0	0	8	0,2172	1,0862	0,0000	0,0000	1,7380
5	0	0	7	0,2083	1,0415	0,0000	0,0000	1,4581
4	0	0	2	0,1563	0,6254	0,0000	0,0000	0,3127
5	0	0	1	0,1459	0,7296	0,0000	0,0000	0,1459
8	0	0	12	0,0402	0,3213	0,0000	0,0000	0,4819
7	0	0	11	0,2994	2,0960	0,0000	0,0000	3,2937
4	0	0	5	0,6533	2,6134	0,0000	0,0000	3,2667
10	0	0	5	0,0933	0,9327	0,0000	0,0000	0,4663
4	0	0	7	0,0896	0,3583	0,0000	0,0000	0,6271
7	0	0	10	0,0663	0,4641	0,0000	0,0000	0,6631
8	0	0	6	0,0301	0,2405	0,0000	0,0000	0,1804
9	0	0	7	0,2631	2,3676	0,0000	0,0000	1,8415
4	0	0	4	0,2137	0,8549	0,0000	0,0000	0,8549
5	0	0	2	0,2952	1,4759	0,0000	0,0000	0,5903
4	0	0	7	0,0987	0,3946	0,0000	0,0000	0,6906
7	0	1	12	0,0139	0,0975	0,0000	0,0139	0,1671
7	0	2	8	0,1495	1,0468	0,0000	0,2991	1,1963
7	0	0	13	0,1098	0,7683	0,0000	0,0000	1,4269
9	0	1	11	0,0488	0,4396	0,0000	0,0488	0,5373
11	0	0	14	0,1159	1,2753	0,0000	0,0000	1,6232
8	0	2	14	0,2808	2,2464	0,0000	0,5616	3,9311
11	1	1	16	0,3085	3,3932	0,3085	0,3085	4,9355
10	0	0	17	0,0221	0,2208	0,0000	0,0000	0,3754
7	0	0	8	0,4030	2,8208	0,0000	0,0000	3,2238
10	6	3	10	0,0566	0,5664	0,3399	0,1699	0,5664
10	2	0	15	0,0801	0,8015	0,1603	0,0000	1,2022
14	8	4	19	0,2184	3,0572	1,7470	0,8735	4,1490
15	6	6	23	0,0221	0,3308	0,1323	0,1323	0,5072
13	9	2	21	0,3706	4,8183	3,3357	0,7413	7,7834

Dataset				μ_{i3}^2	$\mu_{i3}^2 * X1$	$\mu_{i3}^2 * X2$	$\mu_{i3}^2 * X3$	$\mu_{i3}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
19	6	2	16	0,0906	1,7214	0,5436	0,1812	1,4496
6	3	1	5	0,2819	1,6911	0,8456	0,2819	1,4093
7	4	2	7	0,0492	0,3444	0,1968	0,0984	0,3444
5	0	4	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	0	0	9	0,2129	1,7031	0,0000	0,0000	1,9160
6	0	0	3	0,1829	1,0976	0,0000	0,0000	0,5488
11	4	1	16	0,0537	0,5905	0,2147	0,0537	0,8590
8	2	2	11	0,0122	0,0975	0,0244	0,0244	0,1341
7	0	2	12	0,0731	0,5118	0,0000	0,1462	0,8774
9	3	1	16	0,1236	1,1120	0,3707	0,1236	1,9768
12	3	2	18	0,0056	0,0677	0,0169	0,0113	0,1015
14	3	2	22	0,0093	0,1306	0,0280	0,0187	0,2053
8	2	2	11	0,3467	2,7735	0,6934	0,6934	3,8135
5	0	0	7	0,0098	0,0489	0,0000	0,0000	0,0685
5	1	0	7	0,0115	0,0577	0,0115	0,0000	0,0807
7	0	1	11	0,1827	1,2787	0,0000	0,1827	2,0094
6	0	0	8	0,1761	1,0564	0,0000	0,0000	1,4085
12	2	5	13	0,1481	1,7769	0,2961	0,7404	1,9249
12	3	2	24	0,0646	0,7754	0,1939	0,1292	1,5508
8	4	1	8	0,1610	1,2877	0,6438	0,1610	1,2877
16	6	4	30	0,1118	1,7881	0,6705	0,4470	3,3527
12	3	4	18	0,5000	5,9999	1,5000	2,0000	8,9998
6	4	0	6	0,1352	0,8112	0,5408	0,0000	0,8112
12	4	2	14	0,3527	4,2326	1,4109	0,7054	4,9380
9	2	3	8	0,1272	1,1451	0,2545	0,3817	1,0179
9	5	3	10	0,0228	0,2055	0,1142	0,0685	0,2283
13	5	1	14	0,1826	2,3736	0,9129	0,1826	2,5562
5	3	1	5	0,0052	0,0261	0,0157	0,0052	0,0261
15	2	4	19	0,3833	5,7493	0,7666	1,5331	7,2824
5	2	1	7	0,0479	0,2394	0,0957	0,0479	0,3351
13	8	3	16	0,0260	0,3374	0,2076	0,0779	0,4153
19	5	9	23	0,1407	2,6733	0,7035	1,2663	3,2361
5	3	1	7	0,0597	0,2987	0,1792	0,0597	0,4181
12	7	2	19	0,3809	4,5712	2,6666	0,7619	7,2378
11	9	2	16	0,0679	0,7465	0,6107	0,1357	1,0858
18	5	3	15	0,0484	0,8720	0,2422	0,1453	0,7267
9	1	2	8	0,3854	3,4685	0,3854	0,7708	3,0831

Dataset				μ_{i3}^2	$\mu_{i3}^2 * X1$	$\mu_{i3}^2 * X2$	$\mu_{i3}^2 * X3$	$\mu_{i3}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
9	3	2	14	0,1376	1,2388	0,4129	0,2753	1,9270
7	2	0	10	0,0122	0,0853	0,0244	0,0000	0,1219
8	1	0	9	0,0298	0,2381	0,0298	0,0000	0,2678
16	0	5	21	0,0199	0,3190	0,0000	0,0997	0,4187
8	3	1	12	0,2962	2,3692	0,8885	0,2962	3,5538
13	3	1	13	0,0013	0,0173	0,0040	0,0013	0,0173
9	2	0	15	0,0021	0,0190	0,0042	0,0000	0,0316
7	1	2	12	0,0521	0,3648	0,0521	0,1042	0,6255
7	1	0	11	0,0102	0,0715	0,0102	0,0000	0,1124
5	0	0	9	0,1504	0,7519	0,0000	0,0000	1,3535
3	0	0	5	0,3816	1,1447	0,0000	0,0000	1,9078
7	0	0	9	0,0166	0,1161	0,0000	0,0000	0,1493
5	0	0	8	0,0007	0,0034	0,0000	0,0000	0,0054
9	0	0	12	0,1388	1,2495	0,0000	0,0000	1,6660
9	0	0	14	0,1408	1,2670	0,0000	0,0000	1,9709
6	0	0	10	0,4696	2,8178	0,0000	0,0000	4,6964
7	0	0	9	0,3339	2,3370	0,0000	0,0000	3,0047
Total (Σ)				12,936	108,325	22,806	15,360	141,489

Keterangan:

- X_i = Variabel data yang digunakan
- μ_{ik}^2 = Nilai keanggotaan data ke Cluster-k yang dipangkatkan ($m = 2$)

Tabel 4.6 di atas menunjukkan perhitungan pusat Cluster 3 pada iterasi pertama. Dataset terdiri dari empat variabel ($X1, X2, X3, X4$) yang mewakili data kecelakaan. Nilai keanggotaan (μ_{ik}^2) dipangkatkan dengan $m = 2$ dan dikalikan dengan setiap variabel data untuk menghitung kontribusi masing-masing data terhadap pusat cluster. Hasil perkalian tersebut dijumlahkan (Total Σ) pada setiap kolom, yang kemudian digunakan untuk menghitung pusat Cluster 3 dengan membagi total perkalian dengan total nilai keanggotaan.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^m (\mu_{ik})^w * X_{ij}}{\sum_{i=1}^m (\mu_{ik})^w} \dots\dots\dots (4.1)$$

sPusat Cluster 1:

$$V_{1.1} = \frac{108,1524}{12,4712} = 8,67216662$$

$$V_{1.2} = \frac{21,3695}{12,4712} = 1,71350488$$

$$V_{1.3} = \frac{15,6200}{12,4712} = 1,25248537$$

$$V_{1.4} = \frac{139,2155}{12,4712} = 11,16295178$$

Pusat Cluster 2:

$$V_{2.1} = \frac{104,6595}{12,2974} = 8,51071687$$

$$V_{2.2} = \frac{24,0123}{12,2974} = 1,95263239$$

$$V_{2.3} = \frac{14,4673}{12,2974} = 1,17645254$$

$$V_{2.4} = \frac{138,3931}{12,2974} = 11,25387697$$

Pusat Cluster 3:

$$V_{3.1} = \frac{108,325}{12,936} = 8,37399729$$

$$V_{3.2} = \frac{22,806}{12,936} = 1,76300210$$

$$V_{3.3} = \frac{15,360}{12,936} = 1,18742808$$

$$V_{3.4} = \frac{141,489}{12,936} = 10,93771490$$

Hasil Perhitungan Pusat Cluster iterasi 1

Tabel 4. 7 Pusat Cluster Iterasi 1

V_{kj}	1	2	3	4
1	8,67216662	1,71350488	1,25248537	11,16295178
2	8,51071687	1,95263239	1,17645254	11,25387697
3	8,37399729	1,76300210	1,18742808	10,93771490

Tabel atas menunjukkan koordinat pusat klaster (V_{kj}) yang diperoleh pada iterasi pertama. Setiap baris mewakili pusat klaster (k) yang dihasilkan, sementara setiap kolom mewakili dimensi atribut (j).

4. Menghitung Fungsi Objektif iterasi ke 1

Pada tahap ini, fungsi objektif di hitung dengan rumus

$$J = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^n (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) \dots\dots\dots(4, 2)$$

Keterangan;

J = fungsi objektif yang harus diminimalkan

m = jumlah data

c = Jumlah Cluster

X_{ij} = Nilai atribut ke- j dari data ke- i

V_{kj} = Nilai pusat klaster ke- k untuk atribut ke- j

μ_{ik} = Derajat keanggotaan data ke- i terhadap klaster ke- k

w = Parameter pengali fuzziness

a. Nilai Derajat Keanggotaan

Tabel 4. 8 Matriks Partisi yang di kuadratkan iterasi 1

No	μ_{i1}^2	μ_{i2}^2	μ_{i3}^2
1	0,1831	0,1921	0,0179
2	0,1739	0,1039	0,0680
3	0,2323	0,0078	0,1848
4	0,1404	0,0591	0,1460
5	0,3199	0,0239	0,0783
6	0,2133	0,2309	0,0033
7	0,0600	0,0835	0,2172
8	0,0045	0,2272	0,2083
9	0,0070	0,2715	0,1563
10	0,1712	0,0417	0,1459
...	...	...	...
89	0,1105	0,0081	0,3339
Total	12,4712	12,2974	12,936

b. Dataset (X_i)

Tabel 4. 9 Atribut Dataset

No	Dataset			
	X1	X2	X3	X4
1	8	0	0	5
2	5	0	0	3
3	5	0	0	7
4	7	0	0	10
5	4	0	0	8
6	8	0	0	10
7	5	0	0	8
8	5	0	0	7
9	4	0	0	2
10	5	0	0	1
...	...	...	...	
89	7	0	0	9

c. Nilai Fungsi Objektif Iterasi ke--1

Tabel 4. 10 Fungsi Objektif Iterasi 1

L1	L2	L3	Total
7,862	8,562	0,715	17,138
14,715	8,897	5,363	28,975
8,206	0,276	5,805	14,287
1,215	0,535	1,064	2,814
11,625	0,864	2,527	15,015
1,345	1,623	0,018	2,987
1,679	2,346	5,330	9,355
0,158	8,094	6,542	14,794
0,769	30,190	16,186	47,145
20,766	5,115	16,732	42,612
0,820	1,055	0,232	2,108
1,485	0,000	1,919	3,404
0,003	2,215	38,486	40,704
8,132	3,292	3,956	15,381
0,029	19,871	3,508	23,408
1,285	1,155	0,483	2,923

L1	L2	L3	Total
8,059	3,424	0,873	12,356
1,127	1,597	5,371	8,094
0,055	20,418	15,341	35,814
3,336	7,847	28,273	39,456
3,409	7,211	3,863	14,483
0,809	1,872	0,086	2,766
0,373	3,706	2,136	6,215
3,436	0,108	1,170	4,714
0,184	1,195	0,173	1,552
7,647	0,001	2,411	10,059
2,635	0,000	3,731	6,366
0,542	2,828	10,223	13,593
9,812	5,191	0,970	15,973
0,606	0,573	6,059	7,238
14,240	0,000	1,403	15,642
2,349	2,248	1,652	6,249
5,990	14,094	31,328	51,412
39,612	40,289	5,083	84,984
3,311	10,451	65,115	78,876
23,270	13,808	14,238	51,317
10,220	0,000	11,967	22,187
4,356	3,423	1,134	8,913
18,714	19,190	0,000	37,904
0,378	1,223	1,791	3,392
5,539	7,471	13,383	26,393
4,083	5,875	2,017	11,975
0,211	0,208	0,010	0,430
0,737	1,202	0,496	2,435
1,718	3,586	3,408	8,712
8,792	17,480	0,368	26,641
36,641	24,271	1,458	62,370
0,004	0,124	0,298	0,426
6,416	8,033	0,307	14,756
15,250	1,465	0,333	17,048
0,908	0,196	0,920	2,023
0,985	2,975	3,307	7,267
8,109	0,203	4,737	13,049

L1	L2	L3	Total
17,569	32,877	12,016	62,463
3,205	0,329	2,223	5,756
15,568	98,014	49,999	163,581
0,850	2,170	36,232	39,251
4,036	3,968	4,926	12,929
2,360	0,238	9,943	12,541
1,000	1,922	1,573	4,496
2,934	2,439	0,343	5,716
0,827	6,667	7,539	15,032
13,174	9,719	0,252	23,145
5,631	2,601	44,795	53,027
4,716	4,653	1,292	10,662
0,492	48,035	2,315	50,842
31,514	30,587	46,420	108,522
2,650	6,975	1,700	11,325
1,024	7,825	40,469	49,318
19,495	5,073	5,806	30,373
14,542	21,097	5,955	41,594
0,023	1,386	3,956	5,364
1,573	0,548	1,646	3,768
1,913	0,521	0,052	2,485
0,643	2,134	0,175	2,953
65,387	9,274	3,530	78,191
0,016	0,282	0,839	1,137
2,607	9,740	0,036	12,383
4,595	2,844	0,039	7,478
1,014	0,399	0,222	1,635
0,046	2,986	0,040	3,071
0,656	4,420	2,956	8,032
2,906	2,556	26,195	31,657
4,950	0,655	0,169	5,773
3,015	11,720	0,017	14,752
1,615	0,035	0,838	2,488
1,139	1,370	2,011	4,520
0,104	0,664	5,182	5,949
1,324	0,102	3,392	4,817
Total			1913,155652

5. Menghitung perubahan nilai derajat keanggotaan matriks partisi setiap data pada setiap cluster

Nilai derajat keanggotaan dalam matriks partisi dihitung melalui beberapa tahapan perhitungan. Pertama, nilai L_k untuk setiap kluster dihitung menggunakan rumus:

$$L_k = \left(\sum_{j=1}^n (X_{ij} - V_{kj})^2 \right)^{\frac{-1}{w-1}} \dots\dots\dots (4.3)$$

Rumus ini digunakan untuk menghitung jarak antara data X_{ij} dan pusat kluster V_{kj} lalu dilakukan pemangkatan dengan faktor $\frac{-1}{w-1}$ untuk menyesuaikan tingkat pengaruh jarak terhadap derajat keanggotaan.

Setelah mendapatkan nilai L_k , nilai total LT dihitung dengan menjumlahkan semua nilai L_k dari setiap cluster. Kemudian, nilai derajat keanggotaan untuk setiap data terhadap kluster diperoleh dengan membagi setiap nilai L_k dengan nilai total LT

Tabel 4. 11 Memperbarui Nilai Matriks Partisi U

L_1	L_1	L_1	LT	$\mu 1k^2$	$\mu 2k^2$	$\mu 3k^2$
0,0091	0,0087	0,0100	0,0277	0,328	0,313	0,359
0,0039	0,0038	0,0043	0,0120	0,325	0,320	0,355
0,0116	0,0115	0,0134	0,0366	0,318	0,314	0,368
0,0674	0,0637	0,0835	0,2146	0,314	0,297	0,389
0,0112	0,0113	0,0130	0,0355	0,316	0,318	0,366
0,1000	0,0874	0,1177	0,3051	0,328	0,286	0,386
0,0155	0,0155	0,0183	0,0493	0,315	0,313	0,372
0,0116	0,0115	0,0134	0,0366	0,318	0,314	0,368
0,0028	0,0028	0,0030	0,0086	0,325	0,322	0,352
0,0025	0,0024	0,0027	0,0076	0,327	0,322	0,351
0,1146	0,1062	0,1114	0,3322	0,345	0,320	0,335
0,0829	0,0800	0,0980	0,2610	0,318	0,306	0,376
0,0055	0,0055	0,0061	0,0171	0,322	0,319	0,359
0,0088	0,0082	0,0092	0,0262	0,334	0,314	0,352
0,0089	0,0089	0,0102	0,0280	0,318	0,318	0,364
0,0674	0,0637	0,0835	0,2146	0,314	0,297	0,389

L_1	L_1	L_1	LT	$\mu 1k^2$	$\mu 2k^2$	$\mu 3k^2$
0,0133	0,0126	0,0148	0,0408	0,327	0,309	0,364
0,0211	0,0193	0,0230	0,0634	0,332	0,304	0,363
0,0043	0,0043	0,0048	0,0134	0,323	0,320	0,356
0,0031	0,0030	0,0033	0,0095	0,326	0,321	0,353
0,0089	0,0089	0,0102	0,0280	0,318	0,318	0,364
0,0964	0,0931	0,1031	0,2925	0,330	0,318	0,352
0,0305	0,0282	0,0360	0,0948	0,322	0,298	0,380
0,0518	0,0527	0,0519	0,1565	0,331	0,337	0,332
0,2398	0,1689	0,2060	0,6148	0,390	0,275	0,335
0,0270	0,0253	0,0225	0,0749	0,361	0,338	0,301
0,0448	0,0434	0,0394	0,1277	0,351	0,340	0,309
0,0146	0,0144	0,0126	0,0416	0,351	0,347	0,302
0,0098	0,0098	0,0088	0,0285	0,345	0,344	0,310
0,0283	0,0268	0,0338	0,0890	0,319	0,302	0,380
0,0183	0,0193	0,0181	0,0557	0,328	0,347	0,325
0,0267	0,0277	0,0228	0,0772	0,346	0,359	0,295
0,0021	0,0022	0,0020	0,0063	0,337	0,344	0,318
0,0012	0,0012	0,0011	0,0035	0,338	0,341	0,321
0,0016	0,0017	0,0016	0,0049	0,335	0,345	0,320
0,0019	0,0019	0,0018	0,0056	0,341	0,339	0,319
0,0082	0,0082	0,0092	0,0256	0,319	0,321	0,360
0,0171	0,0177	0,0198	0,0546	0,313	0,324	0,363
0,0045	0,0044	0,0049	0,0138	0,327	0,319	0,354
0,0589	0,0527	0,0698	0,1814	0,325	0,290	0,385
0,0043	0,0042	0,0047	0,0132	0,326	0,319	0,355
0,0121	0,0127	0,0108	0,0356	0,341	0,356	0,302
0,8687	0,9928	1,2071	3,0687	0,283	0,324	0,393
0,0880	0,0829	0,0913	0,2622	0,335	0,316	0,348
0,0177	0,0189	0,0158	0,0524	0,337	0,361	0,302
0,0060	0,0061	0,0054	0,0174	0,343	0,347	0,309
0,0019	0,0019	0,0018	0,0057	0,340	0,342	0,318
0,8687	0,9928	1,2071	3,0687	0,283	0,324	0,393
0,0116	0,0115	0,0134	0,0366	0,318	0,314	0,368
0,0127	0,0128	0,0149	0,0404	0,314	0,316	0,370
0,1106	0,1024	0,1326	0,3456	0,320	0,296	0,384
0,0214	0,0209	0,0256	0,0679	0,316	0,308	0,377
0,0151	0,0143	0,0131	0,0426	0,355	0,336	0,308

L_1	L_1	L_1	LT	$\mu 1k^2$	$\mu 2k^2$	$\mu 3k^2$
0,0015	0,0016	0,0015	0,0045	0,338	0,342	0,320
0,0319	0,0337	0,0376	0,1031	0,309	0,327	0,364
0,0005	0,0005	0,0005	0,0015	0,337	0,339	0,324
0,0052	0,0052	0,0047	0,0152	0,343	0,345	0,311
0,0098	0,0101	0,0112	0,0310	0,314	0,326	0,360
0,0180	0,0183	0,0154	0,0516	0,348	0,354	0,298
0,0396	0,0364	0,0431	0,1191	0,332	0,306	0,362
0,0330	0,0356	0,0338	0,1024	0,322	0,348	0,330
0,0107	0,0110	0,0096	0,0312	0,343	0,351	0,306
0,0070	0,0071	0,0079	0,0219	0,318	0,323	0,359
0,0028	0,0028	0,0026	0,0082	0,344	0,340	0,316
0,0137	0,0140	0,0163	0,0439	0,312	0,318	0,370
0,0039	0,0040	0,0036	0,0116	0,337	0,348	0,316
0,0007	0,0007	0,0007	0,0022	0,339	0,338	0,323
0,0129	0,0134	0,0152	0,0415	0,310	0,323	0,367
0,0031	0,0032	0,0029	0,0093	0,336	0,348	0,316
0,0040	0,0042	0,0038	0,0121	0,332	0,350	0,317
0,0026	0,0026	0,0024	0,0077	0,343	0,339	0,318
0,0489	0,0429	0,0544	0,1463	0,334	0,293	0,372
0,0537	0,0595	0,0450	0,1582	0,340	0,376	0,284
0,1111	0,1261	0,1647	0,4019	0,276	0,314	0,410
0,0847	0,0788	0,1091	0,2726	0,311	0,289	0,400
0,0017	0,0016	0,0015	0,0048	0,343	0,338	0,320
0,2676	0,4352	0,2720	0,9747	0,274	0,446	0,279
0,0190	0,0185	0,0161	0,0536	0,355	0,345	0,300
0,0301	0,0321	0,0263	0,0885	0,340	0,363	0,297
0,1499	0,1558	0,1635	0,4692	0,319	0,332	0,348
0,1372	0,1469	0,1834	0,4675	0,293	0,314	0,392
0,0202	0,0203	0,0242	0,0647	0,313	0,314	0,374
0,0046	0,0046	0,0051	0,0142	0,322	0,321	0,357
0,0449	0,0423	0,0551	0,1423	0,315	0,297	0,387
0,0155	0,0155	0,0183	0,0493	0,315	0,313	0,372
0,1240	0,1066	0,1056	0,3363	0,369	0,317	0,314
0,0419	0,0406	0,0360	0,1185	0,353	0,343	0,304
0,0405	0,0402	0,0497	0,1305	0,311	0,308	0,381
0,0449	0,0423	0,0551	0,1423	0,315	0,297	0,387

6. Cek Kondisi Berhenti (Konvergensi)

Pada tahap ini, proses iterasi akan terus berlanjut hingga memenuhi kondisi konvergensi. Konvergensi dicapai ketika perubahan nilai fungsi objektif antar iterasi lebih kecil dari ambang batas yang telah ditentukan, yaitu ξ secara matematis, kondisi konvergensi di rumuskan sebagai berikut.

$$|P_t - P_{t-1}| < \xi \quad (4.4)$$

Dimana:

P_t adalah nilai fungsi objektif pada iterasi ke- t

P_{t-1} adalah nilai fungsi objektif pada iterasi sebelumnya

ξ adalah nilai error minimum (0,0001).

$$|P_1 - P_0| = |1913,1557 - 0| = 1913,1557$$

Karena nilai ini masih lebih besar dari ambang batas (0,0001) maka iterasi dilanjutkan dengan $t = t + 1$ dan ulangi dari tahap ketiga.

4.2.2.2 Iterasi Ke-2

1. Matriks Partisi U

Tabel 4. 12 Matriks Partisi U Iterasi 2

μ_{i1}	μ_{i2}	μ_{i3}
0,338	0,308	0,354
0,330	0,318	0,352
0,330	0,309	0,361
0,370	0,273	0,358
0,328	0,312	0,360
0,410	0,251	0,338
0,331	0,306	0,363
0,330	0,309	0,361
0,329	0,320	0,350
0,331	0,321	0,349
0,441	0,273	0,286
0,386	0,276	0,338
0,328	0,316	0,355
0,344	0,309	0,347
0,328	0,313	0,359
0,370	0,273	0,358

μ_{l1}	μ_{l2}	μ_{l3}
0,341	0,303	0,356
0,353	0,295	0,352
0,329	0,318	0,353
0,330	0,319	0,350
0,328	0,313	0,359
0,410	0,280	0,310
0,350	0,285	0,364
0,376	0,314	0,309
0,603	0,179	0,218
0,388	0,324	0,288
0,392	0,319	0,289
0,356	0,344	0,300
0,357	0,338	0,305
0,345	0,290	0,365
0,280	0,372	0,348
0,337	0,364	0,299
0,323	0,352	0,325
0,332	0,344	0,324
0,322	0,351	0,326
0,332	0,344	0,324
0,309	0,326	0,365
0,287	0,336	0,377
0,332	0,316	0,351
0,375	0,269	0,356
0,332	0,317	0,352
0,320	0,368	0,312
0,187	0,367	0,446
0,409	0,281	0,310
0,319	0,371	0,310
0,335	0,351	0,313
0,337	0,344	0,320
0,187	0,367	0,446
0,330	0,309	0,361
0,318	0,314	0,367
0,410	0,257	0,333
0,336	0,298	0,365
0,349	0,340	0,311

μ_{l1}	μ_{l2}	μ_{l3}
0,335	0,343	0,321
0,268	0,346	0,386
0,333	0,341	0,326
0,336	0,349	0,315
0,297	0,334	0,369
0,319	0,370	0,312
0,320	0,311	0,369
0,264	0,377	0,358
0,316	0,365	0,318
0,310	0,327	0,364
0,343	0,341	0,316
0,307	0,321	0,373
0,315	0,359	0,326
0,336	0,340	0,325
0,297	0,329	0,374
0,320	0,356	0,323
0,307	0,364	0,330
0,334	0,344	0,322
0,347	0,288	0,365
0,299	0,400	0,302
0,252	0,324	0,423
0,329	0,281	0,389
0,345	0,336	0,318
0,175	0,508	0,317
0,335	0,356	0,309
0,330	0,368	0,302
0,350	0,317	0,333
0,321	0,302	0,377
0,332	0,305	0,363
0,327	0,319	0,354
0,354	0,280	0,365
0,331	0,306	0,363
0,475	0,264	0,262
0,392	0,322	0,286
0,346	0,293	0,362
0,354	0,280	0,365

Pada matriks partisi U iterasi ke-2 nilai μ_{lk} diperoleh dari hasil perhitungan perubahan derajat keanggotaan matriks partisi setiap data pada iterasi ke-1. Selanjutnya, lakukan kembali tindakan yang diuraikan pada langkah 3, termasuk menghitung pusat cluster, fungsi objektif, perubahan matriks partisi baru, dan memeriksa kondisi berhenti.

2. Hitung Pusat Cluster (c) baru berdasarkan nilai keanggotaan yang telah diperoleh

Tabel 4. 13 Perhitungan Pusat Cluster 1 Iterasi 2

Dataset				μ_{i1}^2	$\mu_{i1}^2 * X1$	$\mu_{i1}^2 * X2$	$\mu_{i1}^2 * X3$	$\mu_{i1}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
8	0	0	5	0,1144	0,9149	0,0000	0,0000	0,5718
5	0	0	3	0,1090	0,5452	0,0000	0,0000	0,3271
5	0	0	7	0,1090	0,5449	0,0000	0,0000	0,7628
7	0	0	10	0,1368	0,9579	0,0000	0,0000	1,3685
4	0	0	8	0,1074	0,4298	0,0000	0,0000	0,8596
8	0	0	10	0,1685	1,3480	0,0000	0,0000	1,6850
5	0	0	8	0,1094	0,5470	0,0000	0,0000	0,8752
5	0	0	7	0,1090	0,5449	0,0000	0,0000	0,7628
4	0	0	2	0,1085	0,4341	0,0000	0,0000	0,2170
5	0	0	1	0,1093	0,5463	0,0000	0,0000	0,1093
8	0	0	12	0,1946	1,5567	0,0000	0,0000	2,3351
7	0	0	11	0,1491	1,0436	0,0000	0,0000	1,6400
4	0	0	5	0,1078	0,4313	0,0000	0,0000	0,5391
10	0	0	5	0,1184	1,1844	0,0000	0,0000	0,5922
4	0	0	7	0,1074	0,4297	0,0000	0,0000	0,7520
7	0	0	10	0,1368	0,9579	0,0000	0,0000	1,3685
8	0	0	6	0,1164	0,9313	0,0000	0,0000	0,6985
9	0	0	7	0,1246	1,1214	0,0000	0,0000	0,8722
4	0	0	4	0,1081	0,4322	0,0000	0,0000	0,4322
5	0	0	2	0,1091	0,5457	0,0000	0,0000	0,2183
4	0	0	7	0,1074	0,4297	0,0000	0,0000	0,7520
7	0	1	12	0,1677	1,1741	0,0000	0,1677	2,0128
7	0	2	8	0,1228	0,8598	0,0000	0,2457	0,9827
7	0	0	13	0,1417	0,9917	0,0000	0,0000	1,8417
9	0	1	11	0,3634	3,2709	0,0000	0,3634	3,9978
11	0	0	14	0,1502	1,6526	0,0000	0,0000	2,1033

Dataset				μ_{i1}^2	$\mu_{i1}^2 * X1$	$\mu_{i1}^2 * X2$	$\mu_{i1}^2 * X3$	$\mu_{i1}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
8	0	2	14	0,1533	1,2268	0,0000	0,3067	2,1469
11	1	1	16	0,1265	1,3916	0,1265	0,1265	2,0241
10	0	0	17	0,1271	1,2709	0,0000	0,0000	2,1606
7	0	0	8	0,1189	0,8320	0,0000	0,0000	0,9509
10	6	3	10	0,0784	0,7837	0,4702	0,2351	0,7837
10	2	0	15	0,1136	1,1361	0,2272	0,0000	1,7041
14	8	4	19	0,1046	1,4646	0,8369	0,4185	1,9877
15	6	6	23	0,1103	1,6539	0,6616	0,6616	2,5360
13	9	2	21	0,1039	1,3508	0,9352	0,2078	2,1820
19	6	2	16	0,1103	2,0960	0,6619	0,2206	1,7651
6	3	1	5	0,0955	0,5732	0,2866	0,0955	0,4776
7	4	2	7	0,0822	0,5757	0,3290	0,1645	0,5757
5	0	4	4	0,1105	0,5527	0,0000	0,4422	0,4422
8	0	0	9	0,1407	1,1257	0,0000	0,0000	1,2665
6	0	0	3	0,1100	0,6598	0,0000	0,0000	0,3299
11	4	1	16	0,1021	1,1235	0,4086	0,1021	1,6342
8	2	2	11	0,0350	0,2800	0,0700	0,0700	0,3850
7	0	2	12	0,1675	1,1724	0,0000	0,3350	2,0098
9	3	1	16	0,1021	0,9185	0,3062	0,1021	1,6330
12	3	2	18	0,1125	1,3500	0,3375	0,2250	2,0251
14	3	2	22	0,1135	1,5889	0,3405	0,2270	2,4969
8	2	2	11	0,0350	0,2800	0,0700	0,0700	0,3850
5	0	0	7	0,1090	0,5449	0,0000	0,0000	0,7628
5	1	0	7	0,1012	0,5060	0,1012	0,0000	0,7083
7	0	1	11	0,1683	1,1782	0,0000	0,1683	1,8514
6	0	0	8	0,1130	0,6778	0,0000	0,0000	0,9038
12	2	5	13	0,1220	1,4634	0,2439	0,6098	1,5854
12	3	2	24	0,1124	1,3491	0,3373	0,2249	2,6982
8	4	1	8	0,0716	0,5728	0,2864	0,0716	0,5728
16	6	4	30	0,1111	1,7782	0,6668	0,4446	3,3342
12	3	4	18	0,1132	1,3581	0,3395	0,4527	2,0371
6	4	0	6	0,0882	0,5290	0,3527	0,0000	0,5290
12	4	2	14	0,1016	1,2190	0,4063	0,2032	1,4221
9	2	3	8	0,1023	0,9211	0,2047	0,3070	0,8187
9	5	3	10	0,0699	0,6291	0,3495	0,2097	0,6990
13	5	1	14	0,1001	1,3016	0,5006	0,1001	1,4018
5	3	1	5	0,0958	0,4790	0,2874	0,0958	0,4790

Dataset				μ_{i1}^2	$\mu_{i1}^2 * X1$	$\mu_{i1}^2 * X2$	$\mu_{i1}^2 * X3$	$\mu_{i1}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
15	2	4	19	0,1173	1,7599	0,2347	0,4693	2,2292
5	2	1	7	0,0940	0,4698	0,1879	0,0940	0,6577
13	8	3	16	0,0990	1,2869	0,7919	0,2970	1,5839
19	5	9	23	0,1126	2,1399	0,5631	1,0136	2,5904
5	3	1	7	0,0882	0,4412	0,2647	0,0882	0,6177
12	7	2	19	0,1027	1,2319	0,7186	0,2053	1,9505
11	9	2	16	0,0940	1,0339	0,8459	0,1880	1,5038
18	5	3	15	0,1115	2,0076	0,5577	0,3346	1,6730
9	1	2	8	0,1203	1,0823	0,1203	0,2405	0,9621
9	3	2	14	0,0892	0,8028	0,2676	0,1784	1,2488
7	2	0	10	0,0637	0,4459	0,1274	0,0000	0,6369
8	1	0	9	0,1085	0,8681	0,1085	0,0000	0,9766
16	0	5	21	0,1193	1,9089	0,0000	0,5965	2,5054
8	3	1	12	0,0306	0,2450	0,0919	0,0306	0,3676
13	3	1	13	0,1123	1,4605	0,3370	0,1123	1,4605
9	2	0	15	0,1090	0,9807	0,2179	0,0000	1,6345
7	1	2	12	0,1227	0,8592	0,1227	0,2455	1,4729
7	1	0	11	0,1029	0,7203	0,1029	0,0000	1,1319
5	0	0	9	0,1103	0,5516	0,0000	0,0000	0,9929
3	0	0	5	0,1071	0,3214	0,0000	0,0000	0,5357
7	0	0	9	0,1255	0,8786	0,0000	0,0000	1,1296
5	0	0	8	0,1094	0,5470	0,0000	0,0000	0,8752
9	0	0	12	0,2252	2,0265	0,0000	0,0000	2,7020
9	0	0	14	0,1536	1,3824	0,0000	0,0000	2,1504
6	0	0	10	0,1196	0,7177	0,0000	0,0000	1,1962
7	0	0	9	0,1255	0,8786	0,0000	0,0000	1,1296
Total (Σ)				10,3145	88,7892	15,8049	11,7685	116,2982

Tabel 4.13 di atas menampilkan perhitungan pusat cluster pada iterasi ke-2 (μ_{i1}^2) digunakan untuk menghitung kontribusi setiap data terhadap pusat cluster dengan mengalikan μ_{i1}^2 dengan nilai atribut (X1, X2, X3, dan X4). Hasil perkalian ini kemudian dijumlahkan untuk menentukan posisi pusat cluster.

Tabel 4. 14 Perhitungan Pusat Cluster 2 Iterasi 2

Dataset				μ_{i2}^2	$\mu_{i2}^2 * X1$	$\mu_{i2}^2 * X2$	$\mu_{i2}^2 * X3$	$\mu_{i2}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
8	0	0	5	0,0949	0,7596	0,0000	0,0000	0,4747
5	0	0	3	0,1010	0,5049	0,0000	0,0000	0,3029
5	0	0	7	0,0953	0,4764	0,0000	0,0000	0,6669
7	0	0	10	0,0743	0,5200	0,0000	0,0000	0,7429
4	0	0	8	0,0976	0,3905	0,0000	0,0000	0,7811
8	0	0	10	0,0631	0,5045	0,0000	0,0000	0,6306
5	0	0	8	0,0938	0,4689	0,0000	0,0000	0,7502
5	0	0	7	0,0953	0,4764	0,0000	0,0000	0,6669
4	0	0	2	0,1026	0,4105	0,0000	0,0000	0,2053
5	0	0	1	0,1028	0,5140	0,0000	0,0000	0,1028
8	0	0	12	0,0744	0,5949	0,0000	0,0000	0,8923
7	0	0	11	0,0761	0,5325	0,0000	0,0000	0,8367
4	0	0	5	0,1000	0,4002	0,0000	0,0000	0,5002
10	0	0	5	0,0955	0,9548	0,0000	0,0000	0,4774
4	0	0	7	0,0982	0,3928	0,0000	0,0000	0,6874
7	0	0	10	0,0743	0,5200	0,0000	0,0000	0,7429
8	0	0	6	0,0917	0,7333	0,0000	0,0000	0,5500
9	0	0	7	0,0869	0,7825	0,0000	0,0000	0,6086
4	0	0	4	0,1010	0,4040	0,0000	0,0000	0,4040
5	0	0	2	0,1020	0,5098	0,0000	0,0000	0,2039
4	0	0	7	0,0982	0,3928	0,0000	0,0000	0,6874
7	0	1	12	0,0785	0,5496	0,0000	0,0785	0,9421
7	0	2	8	0,0815	0,5702	0,0000	0,1629	0,6516
7	0	0	13	0,0987	0,6911	0,0000	0,0000	1,2835
9	0	1	11	0,0320	0,2882	0,0000	0,0320	0,3522
11	0	0	14	0,1050	1,1553	0,0000	0,0000	1,4704
8	0	2	14	0,1017	0,8139	0,0000	0,2035	1,4243
11	1	1	16	0,1187	1,3052	0,1187	0,1187	1,8984
10	0	0	17	0,1145	1,1448	0,0000	0,0000	1,9461
7	0	0	8	0,0842	0,5894	0,0000	0,0000	0,6737
10	6	3	10	0,1382	1,3824	0,8295	0,4147	1,3824
10	2	0	15	0,1322	1,3225	0,2645	0,0000	1,9837
14	8	4	19	0,1236	1,7310	0,9892	0,4946	2,3493
15	6	6	23	0,1183	1,7748	0,7099	0,7099	2,7213
13	9	2	21	0,1235	1,6061	1,1119	0,2471	2,5944

Dataset				μ_{i2}^2	$\mu_{i2}^2 * X1$	$\mu_{i2}^2 * X2$	$\mu_{i2}^2 * X3$	$\mu_{i2}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
19	6	2	16	0,1185	2,2509	0,7108	0,2369	1,8955
6	3	1	5	0,1060	0,6363	0,3181	0,1060	0,5302
7	4	2	7	0,1132	0,7922	0,4527	0,2263	0,7922
5	0	4	4	0,1000	0,5000	0,0000	0,4000	0,4000
8	0	0	9	0,0722	0,5778	0,0000	0,0000	0,6500
6	0	0	3	0,1002	0,6011	0,0000	0,0000	0,3005
11	4	1	16	0,1354	1,4899	0,5418	0,1354	2,1671
8	2	2	11	0,1346	1,0768	0,2692	0,2692	1,4806
7	0	2	12	0,0790	0,5532	0,0000	0,1581	0,9484
9	3	1	16	0,1374	1,2370	0,4123	0,1374	2,1991
12	3	2	18	0,1235	1,4823	0,3706	0,2470	2,2234
14	3	2	22	0,1181	1,6529	0,3542	0,2361	2,5975
8	2	2	11	0,1346	1,0768	0,2692	0,2692	1,4806
5	0	0	7	0,0953	0,4764	0,0000	0,0000	0,6669
5	1	0	7	0,0989	0,4944	0,0989	0,0000	0,6922
7	0	1	11	0,0661	0,4624	0,0000	0,0661	0,7266
6	0	0	8	0,0891	0,5344	0,0000	0,0000	0,7125
12	2	5	13	0,1153	1,3832	0,2305	0,5763	1,4985
12	3	2	24	0,1179	1,4142	0,3536	0,2357	2,8284
8	4	1	8	0,1199	0,9588	0,4794	0,1199	0,9588
16	6	4	30	0,1161	1,8569	0,6963	0,4642	3,4817
12	3	4	18	0,1217	1,4600	0,3650	0,4867	2,1899
6	4	0	6	0,1115	0,6688	0,4459	0,0000	0,6688
12	4	2	14	0,1367	1,6401	0,5467	0,2733	1,9134
9	2	3	8	0,0969	0,8725	0,1939	0,2908	0,7756
9	5	3	10	0,1424	1,2815	0,7120	0,4272	1,4239
13	5	1	14	0,1333	1,7330	0,6665	0,1333	1,8663
5	3	1	5	0,1067	0,5333	0,3200	0,1067	0,5333
15	2	4	19	0,1163	1,7444	0,2326	0,4652	2,2095
5	2	1	7	0,1028	0,5138	0,2055	0,1028	0,7193
13	8	3	16	0,1290	1,6776	1,0324	0,3871	2,0647
19	5	9	23	0,1153	2,1902	0,5764	1,0375	2,6514
5	3	1	7	0,1081	0,5407	0,3244	0,1081	0,7569
12	7	2	19	0,1269	1,5226	0,8882	0,2538	2,4108
11	9	2	16	0,1323	1,4558	1,1911	0,2647	2,1175
18	5	3	15	0,1182	2,1281	0,5911	0,3547	1,7734
9	1	2	8	0,0829	0,7465	0,0829	0,1659	0,6635

Dataset				μ_{i2}^2	$\mu_{i2}^2 * X1$	$\mu_{i2}^2 * X2$	$\mu_{i2}^2 * X3$	$\mu_{i2}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
9	3	2	14	0,1596	1,4367	0,4789	0,3193	2,2348
7	2	0	10	0,1051	0,7358	0,2102	0,0000	1,0512
8	1	0	9	0,0792	0,6332	0,0792	0,0000	0,7124
16	0	5	21	0,1130	1,8085	0,0000	0,5651	2,3736
8	3	1	12	0,2577	2,0619	0,7732	0,2577	3,0928
13	3	1	13	0,1265	1,6445	0,3795	0,1265	1,6445
9	2	0	15	0,1355	1,2198	0,2711	0,0000	2,0330
7	1	2	12	0,1005	0,7038	0,1005	0,2011	1,2065
7	1	0	11	0,0913	0,6388	0,0913	0,0000	1,0038
5	0	0	9	0,0929	0,4647	0,0000	0,0000	0,8364
3	0	0	5	0,1016	0,3047	0,0000	0,0000	0,5078
7	0	0	9	0,0786	0,5502	0,0000	0,0000	0,7073
5	0	0	8	0,0938	0,4689	0,0000	0,0000	0,7502
9	0	0	12	0,0697	0,6272	0,0000	0,0000	0,8363
9	0	0	14	0,1039	0,9349	0,0000	0,0000	1,4542
6	0	0	10	0,0856	0,5134	0,0000	0,0000	0,8557
7	0	0	9	0,0786	0,5502	0,0000	0,0000	0,7073
Total (Σ)				9,4149	83,681	20,340	12,673	109,566

Tabel 4.14 di atas menampilkan perhitungan pusat cluster untuk Cluster 2 pada iterasi ke-2. Nilai keanggotaan kuadrat (μ_{i2}^2) dikalikan dengan masing-masing atribut dataset (X1, X2, X3, dan X4) untuk menentukan kontribusi setiap data terhadap pusat cluster. Hasil perkalian ini kemudian dijumlahkan untuk memperbarui posisi pusat cluster

Tabel 4. 15 Perhitungan Pusat Cluster 3 Iterasi 2

Dataset				μ_{i3}^2	$\mu_{i3}^2 * X1$	$\mu_{i3}^2 * X2$	$\mu_{i3}^2 * X3$	$\mu_{i3}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
8	0	0	5	0,1251	1,0008	0,0000	0,0000	0,6255
5	0	0	3	0,1239	0,6197	0,0000	0,0000	0,3718
5	0	0	7	0,1305	0,6524	0,0000	0,0000	0,9134
7	0	0	10	0,1278	0,8947	0,0000	0,0000	1,2781
4	0	0	8	0,1294	0,5176	0,0000	0,0000	1,0353
8	0	0	10	0,1145	0,9161	0,0000	0,0000	1,1451
5	0	0	8	0,1318	0,6589	0,0000	0,0000	1,0543
5	0	0	7	0,1305	0,6524	0,0000	0,0000	0,9134

Dataset				μ_{i3}^2	$\mu_{i3}^2 * X1$	$\mu_{i3}^2 * X2$	$\mu_{i3}^2 * X3$	$\mu_{i3}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
4	0	0	2	0,1226	0,4906	0,0000	0,0000	0,2453
5	0	0	1	0,1217	0,6084	0,0000	0,0000	0,1217
8	0	0	12	0,0819	0,6552	0,0000	0,0000	0,9828
7	0	0	11	0,1143	0,8000	0,0000	0,0000	1,2572
4	0	0	5	0,1263	0,5051	0,0000	0,0000	0,6314
10	0	0	5	0,1203	1,2030	0,0000	0,0000	0,6015
4	0	0	7	0,1288	0,5151	0,0000	0,0000	0,9014
7	0	0	10	0,1278	0,8947	0,0000	0,0000	1,2781
8	0	0	6	0,1268	1,0142	0,0000	0,0000	0,7606
9	0	0	7	0,1240	1,1161	0,0000	0,0000	0,8681
4	0	0	4	0,1250	0,4998	0,0000	0,0000	0,4998
5	0	0	2	0,1227	0,6136	0,0000	0,0000	0,2454
4	0	0	7	0,1288	0,5151	0,0000	0,0000	0,9014
7	0	1	12	0,0963	0,6738	0,0000	0,0963	1,1551
7	0	2	8	0,1326	0,9281	0,0000	0,2652	1,0607
7	0	0	13	0,0957	0,6701	0,0000	0,0000	1,2444
9	0	1	11	0,0476	0,4285	0,0000	0,0476	0,5237
11	0	0	14	0,0831	0,9144	0,0000	0,0000	1,1638
8	0	2	14	0,0838	0,6702	0,0000	0,1675	1,1728
11	1	1	16	0,0899	0,9891	0,0899	0,0899	1,4387
10	0	0	17	0,0931	0,9312	0,0000	0,0000	1,5830
7	0	0	8	0,1333	0,9329	0,0000	0,0000	1,0661
10	6	3	10	0,1213	1,2127	0,7276	0,3638	1,2127
10	2	0	15	0,0896	0,8957	0,1791	0,0000	1,3436
14	8	4	19	0,1056	1,4781	0,8446	0,4223	2,0059
15	6	6	23	0,1050	1,5744	0,6297	0,6297	2,4140
13	9	2	21	0,1064	1,3830	0,9575	0,2128	2,2341
19	6	2	16	0,1048	1,9905	0,6286	0,2095	1,6762
6	3	1	5	0,1334	0,8006	0,4003	0,1334	0,6671
7	4	2	7	0,1420	0,9939	0,5679	0,2840	0,9939
5	0	4	4	0,1234	0,6171	0,0000	0,4937	0,4937
8	0	0	9	0,1268	1,0146	0,0000	0,0000	1,1414
6	0	0	3	0,1238	0,7428	0,0000	0,0000	0,3714
11	4	1	16	0,0976	1,0734	0,3903	0,0976	1,5613
8	2	2	11	0,1990	1,5917	0,3979	0,3979	2,1885
7	0	2	12	0,0959	0,6711	0,0000	0,1917	1,1504
9	3	1	16	0,0960	0,8638	0,2879	0,0960	1,5356

Dataset				μ_{i3}^2	$\mu_{i3}^2 * X1$	$\mu_{i3}^2 * X2$	$\mu_{i3}^2 * X3$	$\mu_{i3}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
12	3	2	18	0,0981	1,1766	0,2942	0,1961	1,7649
14	3	2	22	0,1021	1,4291	0,3062	0,2042	2,2458
8	2	2	11	0,1990	1,5917	0,3979	0,3979	2,1885
5	0	0	7	0,1305	0,6524	0,0000	0,0000	0,9134
5	1	0	7	0,1350	0,6750	0,1350	0,0000	0,9451
7	0	1	11	0,1107	0,7750	0,0000	0,1107	1,2178
6	0	0	8	0,1336	0,8013	0,0000	0,0000	1,0684
12	2	5	13	0,0969	1,1627	0,1938	0,4844	1,2595
12	3	2	24	0,1033	1,2396	0,3099	0,2066	2,4792
8	4	1	8	0,1492	1,1933	0,5966	0,1492	1,1933
16	6	4	30	0,1062	1,6999	0,6375	0,4250	3,1874
12	3	4	18	0,0991	1,1891	0,2973	0,3964	1,7837
6	4	0	6	0,1363	0,8178	0,5452	0,0000	0,8178
12	4	2	14	0,0971	1,1651	0,3884	0,1942	1,3592
9	2	3	8	0,1360	1,2236	0,2719	0,4079	1,0877
9	5	3	10	0,1284	1,1552	0,6418	0,3851	1,2836
13	5	1	14	0,1014	1,3184	0,5071	0,1014	1,4198
5	3	1	5	0,1324	0,6622	0,3973	0,1324	0,6622
15	2	4	19	0,1001	1,5022	0,2003	0,4006	1,9027
5	2	1	7	0,1391	0,6954	0,2782	0,1391	0,9736
13	8	3	16	0,1064	1,3828	0,8509	0,3191	1,7019
19	5	9	23	0,1055	2,0054	0,5277	0,9499	2,4275
5	3	1	7	0,1400	0,6998	0,4199	0,1400	0,9798
12	7	2	19	0,1046	1,2550	0,7321	0,2092	1,9871
11	9	2	16	0,1087	1,1952	0,9779	0,2173	1,7385
18	5	3	15	0,1038	1,8685	0,5190	0,3114	1,5571
9	1	2	8	0,1334	1,2005	0,1334	0,2668	1,0671
9	3	2	14	0,0911	0,8197	0,2732	0,1822	1,2751
7	2	0	10	0,1793	1,2549	0,3585	0,0000	1,7927
8	1	0	9	0,1515	1,2121	0,1515	0,0000	1,3636
16	0	5	21	0,1014	1,6220	0,0000	0,5069	2,1289
8	3	1	12	0,1007	0,8055	0,3021	0,1007	1,2082
13	3	1	13	0,0956	1,2424	0,2867	0,0956	1,2424
9	2	0	15	0,0910	0,8194	0,1821	0,0000	1,3657
7	1	2	12	0,1106	0,7743	0,1106	0,2212	1,3273
7	1	0	11	0,1422	0,9956	0,1422	0,0000	1,5646
5	0	0	9	0,1318	0,6588	0,0000	0,0000	1,1858

Dataset				μ_{i3}^2	$\mu_{i3}^2 * X1$	$\mu_{i3}^2 * X2$	$\mu_{i3}^2 * X3$	$\mu_{i3}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
3	0	0	5	0,1253	0,3759	0,0000	0,0000	0,6266
7	0	0	9	0,1335	0,9345	0,0000	0,0000	1,2015
5	0	0	8	0,1318	0,6589	0,0000	0,0000	1,0543
9	0	0	12	0,0684	0,6154	0,0000	0,0000	0,8206
9	0	0	14	0,0817	0,7350	0,0000	0,0000	1,1434
6	0	0	10	0,1308	0,7846	0,0000	0,0000	1,3076
7	0	0	9	0,1335	0,9345	0,0000	0,0000	1,2015
Total (Σ)				10,4469	86,3615	18,4679	12,0502	111,0524

Tabel 4.15 di atas menampilkan perhitungan pusat cluster untuk Cluster 3 pada iterasi ke-2. Nilai keanggotaan kuadrat (μ_{i3}^2) dikalikan dengan masing-masing atribut dataset (X1, X2, X3, dan X4) untuk menentukan kontribusi setiap data terhadap pusat cluster. Hasil perkalian ini kemudian dijumlahkan untuk memperbarui posisi pusat cluster

Tabel 4. 16 Pusat Cluster Iterasi 2

V_{kj}	1	2	3	4
1	8,60820475	1,53230394	1,14096696	11,27523819
2	8,88819871	2,16036947	1,34609113	11,63752884
3	8,26673262	1,76779133	1,15346922	10,63020414

3. Menghitung Nilai Fungsi Objektif pada iterasi ke-2

Tabel 4. 17 Fungsi Objektif Iterasi 2

μ_{i1}^2	μ_{i2}^2	μ_{i3}^2	Dataset				L1	L2	L3	Total
			X1	X2	X3	X4				
0,114	0,095	0,125	8	0	0	5	4,963	4,873	4,532	14,368
0,109	0,101	0,124	5	0	0	3	9,284	9,714	9,090	28,088
0,109	0,095	0,130	5	0	0	7	3,808	4,107	3,693	11,608
0,137	0,074	0,128	7	0	0	10	1,076	0,945	0,825	2,847
0,107	0,098	0,129	4	0	0	8	3,827	4,257	3,828	11,912
0,169	0,063	0,115	8	0	0	10	0,951	0,627	0,564	2,143
0,109	0,094	0,132	5	0	0	8	2,997	3,266	2,905	9,168
0,109	0,095	0,130	5	0	0	7	3,808	4,107	3,693	11,608
0,109	0,103	0,123	4	0	0	2	12,036	12,650	11,914	36,601

μ_{t1}^2	μ_{t2}^2	μ_{t3}^2	Dataset				L1	L2	L3	Total
			X1	X2	X3	X4				
0,109	0,103	0,122	5	0	0	1	13,357	13,852	13,126	40,335
0,195	0,074	0,082	8	0	0	12	0,884	0,550	0,524	1,959
0,149	0,076	0,114	7	0	0	11	0,941	0,795	0,708	2,444
0,108	0,100	0,126	4	0	0	5	6,929	7,447	6,864	21,239
0,118	0,095	0,120	10	0	0	5	5,326	4,943	4,711	14,980
0,107	0,098	0,129	4	0	0	7	4,637	5,095	4,615	14,347
0,137	0,074	0,128	7	0	0	10	1,076	0,945	0,825	2,847
0,116	0,092	0,127	8	0	0	6	3,707	3,579	3,292	10,579
0,125	0,087	0,124	9	0	0	7	2,751	2,434	2,254	7,439
0,108	0,101	0,125	4	0	0	4	8,409	8,958	8,324	25,691
0,109	0,102	0,123	5	0	0	2	11,209	11,672	10,997	33,878
0,107	0,098	0,129	4	0	0	7	4,637	5,095	4,615	14,347
0,168	0,079	0,096	7	0	1	12	0,919	0,666	0,638	2,223
0,123	0,081	0,133	7	0	2	8	2,014	1,783	1,639	5,437
0,142	0,099	0,096	7	0	0	13	1,305	1,175	1,118	3,598
0,363	0,032	0,048	9	0	1	11	0,944	0,167	0,182	1,293
0,150	0,105	0,083	11	0	0	14	2,523	1,735	1,935	6,194
0,153	0,102	0,084	8	0	2	14	1,668	1,166	1,279	4,114
0,127	0,119	0,090	11	1	1	16	3,586	2,961	3,320	9,867
0,127	0,114	0,093	10	0	0	17	4,875	4,175	4,473	13,523
0,119	0,084	0,133	7	0	0	8	2,016	1,960	1,730	5,706
0,078	0,138	0,121	10	6	3	10	2,114	2,958	2,998	8,070
0,114	0,132	0,090	10	2	0	15	1,969	1,902	2,103	5,974
0,105	0,124	0,106	14	8	4	19	14,515	15,021	15,822	45,358
0,110	0,118	0,105	15	6	6	23	24,466	24,002	25,164	73,632
0,104	0,124	0,106	13	9	2	21	17,702	18,750	19,464	55,916
0,110	0,118	0,105	19	6	2	16	16,659	16,165	17,041	49,865
0,096	0,106	0,133	6	3	1	5	4,619	5,644	5,121	15,384
0,082	0,113	0,142	7	4	2	7	2,278	3,269	2,908	8,454
0,111	0,100	0,123	5	0	4	4	8,453	8,515	8,128	25,097
0,141	0,072	0,127	8	0	0	9	1,294	1,027	0,911	3,233
0,110	0,100	0,124	6	0	0	3	8,680	8,959	8,396	26,035
0,102	0,135	0,098	11	4	1	16	3,488	3,656	4,031	11,176
0,035	0,135	0,199	8	2	2	11	0,049	0,222	0,195	0,466
0,167	0,079	0,096	7	0	2	12	1,038	0,695	0,702	2,435
0,102	0,137	0,096	9	3	1	16	2,516	2,731	2,967	8,214

μ_{t1}^2	μ_{t2}^2	μ_{t3}^2	Dataset				L1	L2	L3	Total
			X1	X2	X3	X4				
0,113	0,124	0,098	12	3	2	18	6,707	6,336	6,911	19,955
0,113	0,118	0,102	14	3	2	22	16,682	15,897	16,780	49,359
0,035	0,135	0,199	8	2	2	11	0,049	0,222	0,195	0,466
0,109	0,095	0,130	5	0	0	7	3,808	4,107	3,693	11,608
0,101	0,099	0,135	5	1	0	7	3,327	3,934	3,479	10,740
0,168	0,066	0,111	7	0	1	11	0,847	0,579	0,541	1,967
0,113	0,089	0,134	6	0	0	8	2,393	2,499	2,205	7,096
0,122	0,115	0,097	12	2	5	13	3,609	2,872	3,333	9,814
0,112	0,118	0,103	12	3	2	24	19,822	19,286	20,136	59,244
0,072	0,120	0,149	8	4	1	8	1,232	2,100	1,789	5,122
0,111	0,116	0,106	16	6	4	30	48,167	47,530	48,980	144,677
0,113	0,122	0,099	12	3	4	18	7,589	7,046	7,717	22,351
0,088	0,111	0,136	6	4	0	6	3,705	5,052	4,483	13,240
0,102	0,137	0,097	12	4	2	14	2,616	2,607	3,009	8,233
0,102	0,097	0,136	9	2	3	8	1,490	1,552	1,485	4,526
0,070	0,142	0,128	9	5	3	10	1,206	1,921	1,899	5,026
0,100	0,133	0,101	13	5	1	14	3,881	4,089	4,486	12,455
0,096	0,107	0,132	5	3	1	5	5,228	6,399	5,815	17,442
0,117	0,116	0,100	15	2	4	19	12,779	11,470	12,372	36,621
0,094	0,103	0,139	5	2	1	7	2,963	3,778	3,328	10,069
0,099	0,129	0,106	13	8	3	16	8,602	9,391	9,944	27,938
0,113	0,115	0,106	19	5	9	23	35,956	34,352	35,910	106,218
0,088	0,108	0,140	5	3	1	7	2,953	4,049	3,554	10,557
0,103	0,127	0,105	12	7	2	19	10,451	11,133	11,722	33,306
0,094	0,132	0,109	11	9	2	16	7,947	9,357	9,706	27,009
0,112	0,118	0,104	18	5	3	15	13,112	12,429	13,255	38,796
0,120	0,083	0,133	9	1	2	8	1,431	1,246	1,169	3,846
0,089	0,160	0,091	9	3	2	14	0,934	1,074	1,287	3,294
0,064	0,105	0,179	7	2	0	10	0,365	0,850	0,607	1,822
0,109	0,079	0,152	8	1	0	9	0,774	0,863	0,704	2,341
0,119	0,113	0,101	16	0	5	21	19,859	17,661	18,780	56,300
0,031	0,258	0,101	8	3	1	12	0,094	0,450	0,351	0,895
0,112	0,126	0,096	13	3	1	13	2,745	2,478	2,825	8,049
0,109	0,136	0,091	9	2	0	15	1,694	1,783	1,914	5,391
0,123	0,101	0,111	7	1	2	12	0,507	0,550	0,529	1,587
0,103	0,091	0,142	7	1	0	11	0,437	0,651	0,521	1,608

μ_{t1}^2	μ_{t2}^2	μ_{t3}^2	Dataset				L1	L2	L3	Total
			X1	X2	X3	X4				
0,110	0,093	0,132	5	0	0	9	2,410	2,654	2,343	7,407
0,107	0,102	0,125	3	0	0	5	7,980	8,653	8,007	24,640
0,126	0,079	0,133	7	0	0	9	1,432	1,336	1,164	3,932
0,109	0,094	0,132	5	0	0	8	2,997	3,266	2,905	9,168
0,225	0,070	0,068	9	0	0	12	0,975	0,462	0,470	1,906
0,154	0,104	0,082	9	0	0	14	1,725	1,254	1,335	4,314
0,120	0,086	0,131	6	0	0	10	1,445	1,498	1,306	4,249
0,126	0,079	0,133	7	0	0	9	1,432	1,336	1,164	3,932
Nilai Fungsi Objektif										1548,21

Tabel 4.17 di atas menampilkan perhitungan fungsi objektif pada iterasi ke-2. Fungsi objektif dihitung berdasarkan jumlah keanggotaan kuadrat (μ_{ik}^2) dan jarak antara data dengan pusat cluster (V_{kj}), yang dikalikan dengan bobot keanggotaan. Nilai total yang dihasilkan digunakan untuk mengevaluasi konvergensi algoritma dan menentukan apakah iterasi perlu dilanjutkan.

4. Menghitung perubahan nilai derajat keanggotaan matriks partisi setiap data pada setiap cluster.

L1	L2	L3	LT	$\mu 1k^2$	$\mu 2k^2$	$\mu 3k^2$
0,0090	0,0073	0,0113	0,0275	0,33	0,26	0,41
0,0039	0,0033	0,0047	0,0118	0,33	0,28	0,39
0,0118	0,0091	0,0153	0,0361	0,33	0,25	0,42
0,0760	0,0416	0,0971	0,2147	0,35	0,19	0,45
0,0115	0,0089	0,0145	0,0349	0,33	0,26	0,42
0,1149	0,0566	0,1363	0,3078	0,37	0,18	0,44
0,0160	0,0118	0,0209	0,0487	0,33	0,24	0,43
0,0118	0,0091	0,0153	0,0361	0,33	0,25	0,42
0,0028	0,0024	0,0033	0,0085	0,33	0,29	0,39
0,0025	0,0022	0,0029	0,0075	0,33	0,29	0,38
0,1507	0,0819	0,0982	0,3308	0,46	0,25	0,30
0,1000	0,0532	0,1023	0,2555	0,39	0,21	0,40
0,0055	0,0046	0,0068	0,0168	0,33	0,27	0,40
0,0086	0,0072	0,0102	0,0260	0,33	0,28	0,39
0,0090	0,0072	0,0114	0,0276	0,33	0,26	0,41
0,0760	0,0416	0,0971	0,2147	0,35	0,19	0,45

L1	L2	L3	LT	$\mu 1k^2$	$\mu 2k^2$	$\mu 3k^2$
0,0132	0,0102	0,0171	0,0405	0,33	0,25	0,42
0,0209	0,0155	0,0267	0,0631	0,33	0,25	0,42
0,0043	0,0037	0,0053	0,0133	0,33	0,28	0,40
0,0031	0,0027	0,0036	0,0094	0,33	0,29	0,39
0,0090	0,0072	0,0114	0,0276	0,33	0,26	0,41
0,1193	0,0691	0,0940	0,2824	0,42	0,24	0,33
0,0303	0,0211	0,0431	0,0946	0,32	0,22	0,46
0,0623	0,0452	0,0463	0,1539	0,40	0,29	0,30
0,3033	0,1272	0,1871	0,6175	0,49	0,21	0,30
0,0294	0,0300	0,0196	0,0790	0,37	0,38	0,25
0,0506	0,0474	0,0331	0,1311	0,39	0,36	0,25
0,0153	0,0179	0,0110	0,0442	0,35	0,41	0,25
0,0105	0,0112	0,0079	0,0295	0,35	0,38	0,27
0,0290	0,0196	0,0406	0,0892	0,33	0,22	0,46
0,0163	0,0217	0,0181	0,0561	0,29	0,39	0,32
0,0283	0,0357	0,0193	0,0833	0,34	0,43	0,23
0,0021	0,0025	0,0019	0,0065	0,32	0,38	0,29
0,0012	0,0013	0,0011	0,0035	0,33	0,37	0,30
0,0016	0,0019	0,0015	0,0050	0,33	0,38	0,30
0,0019	0,0021	0,0017	0,0058	0,33	0,37	0,30
0,0078	0,0070	0,0105	0,0253	0,31	0,28	0,41
0,0157	0,0149	0,0229	0,0536	0,29	0,28	0,43
0,0044	0,0039	0,0053	0,0136	0,32	0,28	0,39
0,0624	0,0362	0,0850	0,1837	0,34	0,20	0,46
0,0043	0,0036	0,0051	0,0130	0,33	0,28	0,39
0,0121	0,0163	0,0095	0,0379	0,32	0,43	0,25
0,6553	0,5353	1,0276	2,2182	0,30	0,24	0,46
0,1023	0,0661	0,0830	0,2513	0,41	0,26	0,33
0,0182	0,0238	0,0137	0,0558	0,33	0,43	0,25
0,0060	0,0073	0,0049	0,0182	0,33	0,40	0,27
0,0020	0,0022	0,0017	0,0058	0,33	0,37	0,29
0,6553	0,5353	1,0276	2,2182	0,30	0,24	0,46
0,0118	0,0091	0,0153	0,0361	0,33	0,25	0,42
0,0127	0,0100	0,0172	0,0399	0,32	0,25	0,43
0,1328	0,0664	0,1375	0,3366	0,39	0,20	0,41
0,0220	0,0155	0,0300	0,0675	0,33	0,23	0,44
0,0145	0,0180	0,0120	0,0445	0,33	0,40	0,27

L1	L2	L3	LT	$\mu 1k^2$	$\mu 2k^2$	$\mu 3k^2$
0,0016	0,0017	0,0014	0,0046	0,34	0,37	0,30
0,0285	0,0279	0,0448	0,1012	0,28	0,28	0,44
0,0005	0,0005	0,0005	0,0015	0,33	0,36	0,31
0,0052	0,0063	0,0043	0,0158	0,33	0,40	0,27
0,0093	0,0085	0,0127	0,0305	0,31	0,28	0,42
0,0172	0,0251	0,0137	0,0560	0,31	0,45	0,24
0,0352	0,0312	0,0504	0,1168	0,30	0,27	0,43
0,0284	0,0387	0,0345	0,1016	0,28	0,38	0,34
0,0103	0,0139	0,0088	0,0330	0,31	0,42	0,27
0,0067	0,0060	0,0088	0,0216	0,31	0,28	0,41
0,0028	0,0032	0,0024	0,0085	0,33	0,38	0,29
0,0134	0,0110	0,0189	0,0433	0,31	0,25	0,44
0,0038	0,0047	0,0034	0,0119	0,32	0,39	0,29
0,0007	0,0008	0,0007	0,0022	0,33	0,36	0,31
0,0124	0,0108	0,0175	0,0408	0,30	0,26	0,43
0,0031	0,0037	0,0027	0,0096	0,32	0,39	0,29
0,0039	0,0049	0,0036	0,0124	0,31	0,39	0,29
0,0026	0,0030	0,0023	0,0079	0,33	0,38	0,30
0,0452	0,0338	0,0663	0,1454	0,31	0,23	0,46
0,0531	0,0923	0,0365	0,1819	0,29	0,51	0,20
0,1127	0,0734	0,2177	0,4038	0,28	0,18	0,54
0,0858	0,0505	0,1465	0,2828	0,30	0,18	0,52
0,0017	0,0018	0,0015	0,0049	0,34	0,37	0,30
0,2462	0,4986	0,2097	0,9544	0,26	0,52	0,22
0,0184	0,0243	0,0145	0,0572	0,32	0,42	0,25
0,0324	0,0399	0,0222	0,0945	0,34	0,42	0,24
0,1697	0,1195	0,1412	0,4304	0,39	0,28	0,33
0,1640	0,0858	0,1974	0,4473	0,37	0,19	0,44
0,0212	0,0152	0,0274	0,0637	0,33	0,24	0,43
0,0046	0,0039	0,0055	0,0140	0,33	0,28	0,40
0,0477	0,0290	0,0668	0,1434	0,33	0,20	0,47
0,0160	0,0118	0,0209	0,0487	0,33	0,24	0,43
0,1602	0,0941	0,0899	0,3442	0,47	0,27	0,26
0,0487	0,0444	0,0304	0,1235	0,39	0,36	0,25
0,0444	0,0279	0,0563	0,1286	0,35	0,22	0,44
0,0477	0,0290	0,0668	0,1434	0,33	0,20	0,47

5. Cek Kondisi Berhenti (Konvergensi) dimana nilai $P_2 = 1548,21$ dan $P_2 = 1548,21$. Maka $|P_2 - P_1| = |1548,21 - 1913,16| = -364,946$ Karena nilai ini masih lebih besar dari ambang batas (0,0001) maka iterasi dilanjutkan dengan $t = t + 1$ dan ulangi dari tahap ketiga.

4.2.2.3 Iterasi 44 (Iterasi terakhir)

1. Matriks Partisi U Iterasi 44

Tabel 4. 18 Matriks Partisi U Iterasi 44

μ_{i1}	μ_{i2}	μ_{i3}
0,078	0,009	0,912
0,060	0,010	0,930
0,017	0,002	0,982
0,657	0,016	0,326
0,091	0,008	0,901
0,766	0,016	0,219
0,072	0,005	0,923
0,017	0,002	0,982
0,092	0,018	0,889
0,114	0,025	0,861
0,957	0,008	0,036
0,839	0,014	0,146
0,030	0,004	0,966
0,220	0,030	0,749
0,039	0,004	0,957
0,657	0,016	0,326
0,086	0,008	0,906
0,251	0,019	0,729
0,046	0,007	0,947
0,087	0,017	0,896
0,039	0,004	0,957
0,930	0,011	0,059
0,218	0,013	0,769
0,922	0,017	0,061
0,944	0,009	0,047
0,856	0,077	0,067
0,926	0,029	0,045
0,684	0,244	0,071

μ_{l1}	μ_{l2}	μ_{l3}
0,667	0,242	0,091
0,153	0,008	0,839
0,620	0,130	0,250
0,841	0,102	0,057
0,040	0,946	0,014
0,045	0,938	0,018
0,072	0,901	0,027
0,158	0,779	0,063
0,066	0,009	0,924
0,253	0,028	0,719
0,120	0,021	0,859
0,517	0,018	0,465
0,063	0,011	0,927
0,506	0,425	0,070
0,938	0,010	0,053
0,913	0,014	0,072
0,736	0,192	0,072
0,169	0,799	0,032
0,040	0,947	0,013
0,938	0,010	0,053
0,017	0,002	0,982
0,013	0,001	0,985
0,865	0,012	0,122
0,085	0,005	0,909
0,636	0,242	0,122
0,100	0,865	0,034
0,420	0,035	0,546
0,148	0,780	0,072
0,127	0,846	0,027
0,127	0,016	0,857
0,616	0,298	0,085
0,494	0,037	0,468
0,673	0,081	0,245
0,486	0,417	0,097
0,062	0,009	0,929
0,057	0,926	0,016
0,041	0,004	0,955

μ_{i1}	μ_{i2}	μ_{i3}
0,177	0,768	0,056
0,117	0,827	0,055
0,093	0,010	0,897
0,070	0,910	0,020
0,285	0,621	0,094
0,187	0,744	0,069
0,463	0,027	0,511
0,896	0,058	0,046
0,707	0,017	0,276
0,549	0,017	0,434
0,119	0,839	0,042
0,951	0,012	0,037
0,680	0,217	0,103
0,877	0,071	0,053
0,942	0,010	0,048
0,879	0,011	0,110
0,210	0,013	0,777
0,055	0,008	0,936
0,380	0,014	0,606
0,072	0,005	0,923
0,963	0,008	0,029
0,930	0,028	0,041
0,521	0,018	0,460
0,380	0,014	0,606

Pada matriks partisi U iterasi ke-44 nilai μ_{ik} diperoleh dari hasil perhitungan perubahan derajat keanggotaan matriks partisi setiap data pada iterasi ke-43. Selanjutnya, lakukan kembali tindakan yang diuraikan pada langkah 3, termasuk menghitung pusat cluster, fungsi objektif, perubahan matriks partisi baru, dan memeriksa kondisi berhenti.

2. Hitung Pusat Cluster (c) baru berdasarkan nilai keanggotaan yang telah diperoleh

Tabel 4. 19 Perhitungan Pusat Cluster 1 Iterasi ke 44

Dataset				μ_{i1}^2	$\mu_{i1}^2 * X1$	$\mu_{i1}^2 * X2$	$\mu_{i1}^2 * X3$	$\mu_{i1}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
8	0	0	5	0,0061	0,0489	0,0000	0,0000	0,0305
5	0	0	3	0,0036	0,0180	0,0000	0,0000	0,0108
5	0	0	7	0,0003	0,0014	0,0000	0,0000	0,0020
7	0	0	10	0,4318	3,0226	0,0000	0,0000	4,3180
4	0	0	8	0,0082	0,0328	0,0000	0,0000	0,0656
8	0	0	10	0,5860	4,6883	0,0000	0,0000	5,8604
5	0	0	8	0,0052	0,0259	0,0000	0,0000	0,0414
5	0	0	7	0,0003	0,0014	0,0000	0,0000	0,0020
4	0	0	2	0,0085	0,0340	0,0000	0,0000	0,0170
5	0	0	1	0,0130	0,0651	0,0000	0,0000	0,0130
8	0	0	12	0,9155	7,3242	0,0000	0,0000	10,9863
7	0	0	11	0,7047	4,9332	0,0000	0,0000	7,7522
4	0	0	5	0,0009	0,0035	0,0000	0,0000	0,0044
10	0	0	5	0,0485	0,4850	0,0000	0,0000	0,2425
4	0	0	7	0,0015	0,0060	0,0000	0,0000	0,0105
7	0	0	10	0,4318	3,0226	0,0000	0,0000	4,3180
8	0	0	6	0,0074	0,0593	0,0000	0,0000	0,0445
9	0	0	7	0,0631	0,5678	0,0000	0,0000	0,4416
4	0	0	4	0,0021	0,0083	0,0000	0,0000	0,0083
5	0	0	2	0,0076	0,0381	0,0000	0,0000	0,0153
4	0	0	7	0,0015	0,0060	0,0000	0,0000	0,0105
7	0	1	12	0,8654	6,0579	0,0000	0,8654	10,3850
7	0	2	8	0,0477	0,3338	0,0000	0,0954	0,3815
7	0	0	13	0,8496	5,9471	0,0000	0,0000	11,0447
9	0	1	11	0,8912	8,0207	0,0000	0,8912	9,8031
11	0	0	14	0,7323	8,0557	0,0000	0,0000	10,2527
8	0	2	14	0,8571	6,8569	0,0000	1,7142	11,9995
11	1	1	16	0,4685	5,1533	0,4685	0,4685	7,4957
10	0	0	17	0,4445	4,4451	0,0000	0,0000	7,5567
7	0	0	8	0,0234	0,1636	0,0000	0,0000	0,1870
10	6	3	10	0,3844	3,8440	2,3064	1,1532	3,8440
10	2	0	15	0,7072	7,0716	1,4143	0,0000	10,6074
14	8	4	19	0,0016	0,0221	0,0126	0,0063	0,0300
15	6	6	23	0,0020	0,0300	0,0120	0,0120	0,0460
13	9	2	21	0,0052	0,0675	0,0467	0,0104	0,1091

Dataset				μ_{i1}^2	$\mu_{i1}^2 * X1$	$\mu_{i1}^2 * X2$	$\mu_{i1}^2 * X3$	$\mu_{i1}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
19	6	2	16	0,0248	0,4716	0,1489	0,0496	0,3971
6	3	1	5	0,0044	0,0265	0,0133	0,0044	0,0221
7	4	2	7	0,0639	0,4475	0,2557	0,1278	0,4475
5	0	4	4	0,0144	0,0720	0,0000	0,0576	0,0576
8	0	0	9	0,2671	2,1367	0,0000	0,0000	2,4038
6	0	0	3	0,0040	0,0237	0,0000	0,0000	0,0119
11	4	1	16	0,2556	2,8116	1,0224	0,2556	4,0895
8	2	2	11	0,8794	7,0352	1,7588	1,7588	9,6734
7	0	2	12	0,8342	5,8397	0,0000	1,6685	10,0109
9	3	1	16	0,5418	4,8763	1,6254	0,5418	8,6689
12	3	2	18	0,0285	0,3421	0,0855	0,0570	0,5131
14	3	2	22	0,0016	0,0228	0,0049	0,0033	0,0359
8	2	2	11	0,8794	7,0352	1,7588	1,7588	9,6734
5	0	0	7	0,0003	0,0014	0,0000	0,0000	0,0020
5	1	0	7	0,0002	0,0009	0,0002	0,0000	0,0013
7	0	1	11	0,7489	5,2424	0,0000	0,7489	8,2381
6	0	0	8	0,0073	0,0437	0,0000	0,0000	0,0582
12	2	5	13	0,4045	4,8538	0,8090	2,0224	5,2583
12	3	2	24	0,0101	0,1212	0,0303	0,0202	0,2423
8	4	1	8	0,1763	1,4103	0,7051	0,1763	1,4103
16	6	4	30	0,0219	0,3501	0,1313	0,0875	0,6565
12	3	4	18	0,0161	0,1928	0,0482	0,0643	0,2893
6	4	0	6	0,0160	0,0961	0,0641	0,0000	0,0961
12	4	2	14	0,3800	4,5605	1,5202	0,7601	5,3206
9	2	3	8	0,2443	2,1988	0,4886	0,7329	1,9545
9	5	3	10	0,4533	4,0794	2,2663	1,3598	4,5327
13	5	1	14	0,2364	3,0736	1,1821	0,2364	3,3100
5	3	1	5	0,0038	0,0191	0,0114	0,0038	0,0191
15	2	4	19	0,0033	0,0492	0,0066	0,0131	0,0623
5	2	1	7	0,0017	0,0086	0,0034	0,0017	0,0120
13	8	3	16	0,0313	0,4065	0,2502	0,0938	0,5003
19	5	9	23	0,0137	0,2608	0,0686	0,1235	0,3157
5	3	1	7	0,0087	0,0434	0,0260	0,0087	0,0608
12	7	2	19	0,0049	0,0585	0,0341	0,0098	0,0926
11	9	2	16	0,0812	0,8936	0,7311	0,1625	1,2997
18	5	3	15	0,0351	0,6320	0,1756	0,1053	0,5267
9	1	2	8	0,2143	1,9283	0,2143	0,4285	1,7141

Dataset				μ_{i1}^2	$\mu_{i1}^2 * X1$	$\mu_{i1}^2 * X2$	$\mu_{i1}^2 * X3$	$\mu_{i1}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
9	3	2	14	0,8024	7,2217	2,4072	1,6048	11,2338
7	2	0	10	0,5002	3,5014	1,0004	0,0000	5,0020
8	1	0	9	0,3010	2,4081	0,3010	0,0000	2,7091
16	0	5	21	0,0141	0,2261	0,0000	0,0707	0,2968
8	3	1	12	0,9053	7,2425	2,7159	0,9053	10,8637
13	3	1	13	0,4626	6,0134	1,3877	0,4626	6,0134
9	2	0	15	0,7683	6,9144	1,5365	0,0000	11,5240
7	1	2	12	0,8866	6,2063	0,8866	1,7732	10,6394
7	1	0	11	0,7721	5,4046	0,7721	0,0000	8,4929
5	0	0	9	0,0441	0,2203	0,0000	0,0000	0,3966
3	0	0	5	0,0031	0,0092	0,0000	0,0000	0,0153
7	0	0	9	0,1441	1,0087	0,0000	0,0000	1,2968
5	0	0	8	0,0052	0,0259	0,0000	0,0000	0,0414
9	0	0	12	0,9269	8,3420	0,0000	0,0000	11,1227
9	0	0	14	0,8658	7,7923	0,0000	0,0000	12,1214
6	0	0	10	0,2717	1,6305	0,0000	0,0000	2,7174
7	0	0	9	0,1441	1,0087	0,0000	0,0000	1,2968
Total (Σ)				24,258	207,3036	30,7086	23,4760	295,6992

Tabel 4.19 di atas menampilkan perhitungan pusat cluster 1 pada iterasi ke-44 (μ_{i1}^2) digunakan untuk menghitung kontribusi setiap data terhadap pusat cluster dengan mengalikan μ_{i1}^2 dengan nilai atribut (X1, X2, X3, dan X4). Hasil perkalian ini kemudian dijumlahkan untuk menentukan posisi pusat cluster.

Tabel 4. 20 Perhitungan Pusat Cluster 2 Iterasi 44

Dataset				μ_{i2}^2	$\mu_{i2}^2 * X1$	$\mu_{i2}^2 * X2$	$\mu_{i2}^2 * X3$	$\mu_{i2}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
8	0	0	5	0,0001	0,0007	0,0000	0,0000	0,0004
5	0	0	3	0,0001	0,0005	0,0000	0,0000	0,0003
5	0	0	7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	0	0	10	0,0003	0,0019	0,0000	0,0000	0,0027
4	0	0	8	0,0001	0,0003	0,0000	0,0000	0,0005
8	0	0	10	0,0002	0,0019	0,0000	0,0000	0,0024
5	0	0	8	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002
5	0	0	7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Dataset				μ_{i2}^2	$\mu_{i2}^2 * X1$	$\mu_{i2}^2 * X2$	$\mu_{i2}^2 * X3$	$\mu_{i2}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
4	0	0	2	0,0003	0,0014	0,0000	0,0000	0,0007
5	0	0	1	0,0006	0,0030	0,0000	0,0000	0,0006
8	0	0	12	0,0001	0,0005	0,0000	0,0000	0,0007
7	0	0	11	0,0002	0,0014	0,0000	0,0000	0,0022
4	0	0	5	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001
10	0	0	5	0,0009	0,0092	0,0000	0,0000	0,0046
4	0	0	7	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001
7	0	0	10	0,0003	0,0019	0,0000	0,0000	0,0027
8	0	0	6	0,0001	0,0005	0,0000	0,0000	0,0004
9	0	0	7	0,0004	0,0034	0,0000	0,0000	0,0027
4	0	0	4	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0002
5	0	0	2	0,0003	0,0014	0,0000	0,0000	0,0006
4	0	0	7	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001
7	0	1	12	0,0001	0,0008	0,0000	0,0001	0,0013
7	0	2	8	0,0002	0,0011	0,0000	0,0003	0,0013
7	0	0	13	0,0003	0,0020	0,0000	0,0000	0,0038
9	0	1	11	0,0001	0,0007	0,0000	0,0001	0,0008
11	0	0	14	0,0059	0,0652	0,0000	0,0000	0,0829
8	0	2	14	0,0008	0,0067	0,0000	0,0017	0,0117
11	1	1	16	0,0596	0,6558	0,0596	0,0596	0,9538
10	0	0	17	0,0587	0,5869	0,0000	0,0000	0,9977
7	0	0	8	0,0001	0,0005	0,0000	0,0000	0,0006
10	6	3	10	0,0169	0,1692	0,1015	0,0508	0,1692
10	2	0	15	0,0104	0,1040	0,0208	0,0000	0,1560
14	8	4	19	0,8954	12,5359	7,1633	3,5817	17,0130
15	6	6	23	0,8789	13,1837	5,2735	5,2735	20,2150
13	9	2	21	0,8115	10,5493	7,3034	1,6230	17,0412
19	6	2	16	0,6075	11,5428	3,6451	1,2150	9,7203
6	3	1	5	0,0001	0,0005	0,0003	0,0001	0,0004
7	4	2	7	0,0008	0,0054	0,0031	0,0016	0,0054
5	0	4	4	0,0004	0,0022	0,0000	0,0018	0,0018
8	0	0	9	0,0003	0,0025	0,0000	0,0000	0,0028
6	0	0	3	0,0001	0,0007	0,0000	0,0000	0,0003
11	4	1	16	0,1805	1,9851	0,7218	0,1805	2,8874
8	2	2	11	0,0001	0,0008	0,0002	0,0002	0,0010
7	0	2	12	0,0002	0,0015	0,0000	0,0004	0,0025
9	3	1	16	0,0368	0,3308	0,1103	0,0368	0,5882

Dataset				μ_{i2}^2	$\mu_{i2}^2 * X1$	$\mu_{i2}^2 * X2$	$\mu_{i2}^2 * X3$	$\mu_{i2}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
12	3	2	18	0,6387	7,6646	1,9161	1,2774	11,4969
14	3	2	22	0,8967	12,5533	2,6900	1,7933	19,7267
8	2	2	11	0,0001	0,0008	0,0002	0,0002	0,0010
5	0	0	7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	1	0	7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	0	1	11	0,0002	0,0011	0,0000	0,0002	0,0017
6	0	0	8	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0002
12	2	5	13	0,0587	0,7046	0,1174	0,2936	0,7633
12	3	2	24	0,7484	8,9803	2,2451	1,4967	17,9607
8	4	1	8	0,0012	0,0096	0,0048	0,0012	0,0096
16	6	4	30	0,6080	9,7273	3,6477	2,4318	18,2386
12	3	4	18	0,7159	8,5913	2,1478	2,8638	12,8869
6	4	0	6	0,0003	0,0016	0,0011	0,0000	0,0016
12	4	2	14	0,0890	1,0674	0,3558	0,1779	1,2454
9	2	3	8	0,0014	0,0125	0,0028	0,0042	0,0111
9	5	3	10	0,0066	0,0597	0,0332	0,0199	0,0663
13	5	1	14	0,1739	2,2601	0,8693	0,1739	2,4339
5	3	1	5	0,0001	0,0004	0,0002	0,0001	0,0004
15	2	4	19	0,8583	12,8749	1,7166	3,4333	16,3082
5	2	1	7	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001
13	8	3	16	0,5892	7,6595	4,7136	1,7676	9,4271
19	5	9	23	0,6848	13,0103	3,4238	6,1628	15,7493
5	3	1	7	0,0001	0,0005	0,0003	0,0001	0,0007
12	7	2	19	0,8279	9,9343	5,7950	1,6557	15,7294
11	9	2	16	0,3855	4,2402	3,4692	0,7709	6,1675
18	5	3	15	0,5531	9,9550	2,7653	1,6592	8,2958
9	1	2	8	0,0007	0,0063	0,0007	0,0014	0,0056
9	3	2	14	0,0033	0,0300	0,0100	0,0067	0,0467
7	2	0	10	0,0003	0,0020	0,0006	0,0000	0,0029
8	1	0	9	0,0003	0,0023	0,0003	0,0000	0,0026
16	0	5	21	0,7046	11,2732	0,0000	3,5229	14,7960
8	3	1	12	0,0001	0,0012	0,0004	0,0001	0,0017
13	3	1	13	0,0472	0,6140	0,1417	0,0472	0,6140
9	2	0	15	0,0050	0,0453	0,0101	0,0000	0,0756
7	1	2	12	0,0001	0,0007	0,0001	0,0002	0,0013
7	1	0	11	0,0001	0,0009	0,0001	0,0000	0,0014
5	0	0	9	0,0002	0,0008	0,0000	0,0000	0,0014

Dataset				μ_{i2}^2	$\mu_{i2}^2 * X1$	$\mu_{i2}^2 * X2$	$\mu_{i2}^2 * X3$	$\mu_{i2}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
3	0	0	5	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0004
7	0	0	9	0,0002	0,0015	0,0000	0,0000	0,0019
5	0	0	8	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002
9	0	0	12	0,0001	0,0006	0,0000	0,0000	0,0008
9	0	0	14	0,0008	0,0073	0,0000	0,0000	0,0113
6	0	0	10	0,0003	0,0020	0,0000	0,0000	0,0033
7	0	0	9	0,0002	0,0015	0,0000	0,0000	0,0019
Total (Σ)				12,1712	173,0620	60,4823	41,5892	241,9723

Tabel 4.20 di atas menampilkan perhitungan pusat cluster untuk Cluster 2 pada iterasi ke-44. Nilai keanggotaan kuadrat (μ_{i2}^2) dikalikan dengan masing-masing atribut dataset (X1, X2, X3, dan X4) untuk menentukan kontribusi setiap data terhadap pusat cluster. Hasil perkalian ini kemudian dijumlahkan untuk memperbarui posisi pusat cluster

Tabel 4. 21 Perhitungan Pusat Cluster 3 Iterasi 44

Dataset				μ_{i3}^2	$\mu_{i3}^2 * X1$	$\mu_{i3}^2 * X2$	$\mu_{i3}^2 * X3$	$\mu_{i3}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
8	0	0	5	0,8325	6,660	0,000	0,000	4,163
5	0	0	3	0,8644	4,322	0,000	0,000	2,593
5	0	0	7	0,9639	4,820	0,000	0,000	6,747
7	0	0	10	0,1066	0,746	0,000	0,000	1,066
4	0	0	8	0,8124	3,250	0,000	0,000	6,499
8	0	0	10	0,0479	0,384	0,000	0,000	0,479
5	0	0	8	0,8514	4,257	0,000	0,000	6,811
5	0	0	7	0,9639	4,820	0,000	0,000	6,747
4	0	0	2	0,7910	3,164	0,000	0,000	1,582
5	0	0	1	0,7418	3,709	0,000	0,000	0,742
8	0	0	12	0,0013	0,010	0,000	0,000	0,015
7	0	0	11	0,0215	0,150	0,000	0,000	0,236
4	0	0	5	0,9338	3,735	0,000	0,000	4,669
10	0	0	5	0,5617	5,617	0,000	0,000	2,809
4	0	0	7	0,9162	3,665	0,000	0,000	6,413
7	0	0	10	0,1066	0,746	0,000	0,000	1,066
8	0	0	6	0,8201	6,561	0,000	0,000	4,921
9	0	0	7	0,5320	4,788	0,000	0,000	3,724

Dataset				μ_{i3}^2	$\mu_{i3}^2 * X1$	$\mu_{i3}^2 * X2$	$\mu_{i3}^2 * X3$	$\mu_{i3}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
4	0	0	4	0,8971	3,588	0,000	0,000	3,588
5	0	0	2	0,8022	4,011	0,000	0,000	1,604
4	0	0	7	0,9162	3,665	0,000	0,000	6,413
7	0	1	12	0,0035	0,024	0,000	0,003	0,042
7	0	2	8	0,5912	4,139	0,000	1,182	4,730
7	0	0	13	0,0037	0,026	0,000	0,000	0,049
9	0	1	11	0,0022	0,020	0,000	0,002	0,025
11	0	0	14	0,0045	0,050	0,000	0,000	0,063
8	0	2	14	0,0021	0,016	0,000	0,004	0,029
11	1	1	16	0,0051	0,056	0,005	0,005	0,082
10	0	0	17	0,0083	0,083	0,000	0,000	0,141
7	0	0	8	0,7035	4,924	0,000	0,000	5,628
10	6	3	10	0,0625	0,625	0,375	0,187	0,625
10	2	0	15	0,0033	0,033	0,007	0,000	0,049
14	8	4	19	0,0002	0,003	0,002	0,001	0,004
15	6	6	23	0,0003	0,005	0,002	0,002	0,007
13	9	2	21	0,0007	0,010	0,007	0,001	0,015
19	6	2	16	0,0040	0,075	0,024	0,008	0,064
6	3	1	5	0,8545	5,127	2,563	0,854	4,272
7	4	2	7	0,5174	3,622	2,070	1,035	3,622
5	0	4	4	0,7376	3,688	0,000	2,950	2,950
8	0	0	9	0,2167	1,733	0,000	0,000	1,950
6	0	0	3	0,8585	5,151	0,000	0,000	2,576
11	4	1	16	0,0048	0,053	0,019	0,005	0,078
8	2	2	11	0,0028	0,022	0,006	0,006	0,030
7	0	2	12	0,0052	0,037	0,000	0,010	0,063
9	3	1	16	0,0052	0,047	0,016	0,005	0,083
12	3	2	18	0,0010	0,012	0,003	0,002	0,018
14	3	2	22	0,0002	0,002	0,000	0,000	0,004
8	2	2	11	0,0028	0,022	0,006	0,006	0,030
5	0	0	7	0,9639	4,820	0,000	0,000	6,747
5	1	0	7	0,9708	4,854	0,971	0,000	6,796
7	0	1	11	0,0149	0,105	0,000	0,015	0,164
6	0	0	8	0,8270	4,962	0,000	0,000	6,616
12	2	5	13	0,0148	0,178	0,030	0,074	0,193
12	3	2	24	0,0012	0,014	0,004	0,002	0,028
8	4	1	8	0,2976	2,381	1,190	0,298	2,381

Dataset				μ_{i3}^2	$\mu_{i3}^2 * X1$	$\mu_{i3}^2 * X2$	$\mu_{i3}^2 * X3$	$\mu_{i3}^2 * X4$
X1	X2	X3	X4					
16	6	4	30	0,0052	0,084	0,031	0,021	0,157
12	3	4	18	0,0007	0,009	0,002	0,003	0,013
6	4	0	6	0,7345	4,407	2,938	0,000	4,407
12	4	2	14	0,0073	0,087	0,029	0,015	0,102
9	2	3	8	0,2194	1,975	0,439	0,658	1,756
9	5	3	10	0,0602	0,542	0,301	0,181	0,602
13	5	1	14	0,0094	0,122	0,047	0,009	0,131
5	3	1	5	0,8636	4,318	2,591	0,864	4,318
15	2	4	19	0,0003	0,004	0,001	0,001	0,005
5	2	1	7	0,9115	4,558	1,823	0,912	6,381
13	8	3	16	0,0031	0,040	0,025	0,009	0,049
19	5	9	23	0,0031	0,058	0,015	0,028	0,070
5	3	1	7	0,8049	4,025	2,415	0,805	5,634
12	7	2	19	0,0004	0,005	0,003	0,001	0,008
11	9	2	16	0,0089	0,097	0,080	0,018	0,142
18	5	3	15	0,0048	0,086	0,024	0,014	0,071
9	1	2	8	0,2607	2,346	0,261	0,521	2,086
9	3	2	14	0,0022	0,019	0,006	0,004	0,030
7	2	0	10	0,0760	0,532	0,152	0,000	0,760
8	1	0	9	0,1886	1,509	0,189	0,000	1,698
16	0	5	21	0,0017	0,028	0,000	0,009	0,037
8	3	1	12	0,0013	0,011	0,004	0,001	0,016
13	3	1	13	0,0105	0,137	0,032	0,011	0,137
9	2	0	15	0,0028	0,025	0,006	0,000	0,041
7	1	2	12	0,0023	0,016	0,002	0,005	0,028
7	1	0	11	0,0121	0,085	0,012	0,000	0,134
5	0	0	9	0,6044	3,022	0,000	0,000	5,440
3	0	0	5	0,8766	2,630	0,000	0,000	4,383
7	0	0	9	0,3672	2,571	0,000	0,000	3,305
5	0	0	8	0,8514	4,257	0,000	0,000	6,811
9	0	0	12	0,0008	0,008	0,000	0,000	0,010
9	0	0	14	0,0017	0,015	0,000	0,000	0,024
6	0	0	10	0,2120	1,272	0,000	0,000	2,120
7	0	0	9	0,3672	2,571	0,000	0,000	3,305
Total (Σ)				28,6535	161,054	18,724	10,748	177,251

Tabel 4.21 di atas menampilkan perhitungan pusat cluster untuk Cluster 3 pada iterasi ke-44. Nilai keanggotaan kuadrat (μ_{i3}^2) dikalikan dengan masing-masing atribut dataset (X1, X2, X3, dan X4) untuk menentukan kontribusi setiap data terhadap pusat cluster. Hasil perkalian ini kemudian dijumlahkan untuk memperbarui posisi pusat cluster

Tabel 4. 22 Pusat Cluster Iterasi 44

V_{kf}	1	2	3	4
1	8,54581181	1,26591903	0,96776864	12,18980235
2	14,21895994	4,96928830	3,41701385	19,88070008
3	5,62075864	0,65345034	0,37509191	6,18602858

3. Menghitung Nilai Fungsi Objektif Iterasi 44

Tabel 4. 23 Fungsi Objektif Iterasi 44

μ_{i1}^2	μ_{i2}^2	μ_{i3}^2	Dataset				L1	L2	L3	Total
			X1	X2	X3	X4				
0,006	0,000	0,833	8	0	0	5	0,333	0,026	6,357	6,716
0,004	0,000	0,864	5	0	0	3	0,357	0,043	9,599	9,999
0,000	0,000	0,964	5	0	0	7	0,012	0,001	1,557	1,570
0,432	0,000	0,107	7	0	0	10	4,199	0,050	1,814	6,063
0,008	0,000	0,812	4	0	0	8	0,334	0,018	5,269	5,621
0,586	0,000	0,048	8	0	0	10	4,473	0,042	0,996	5,510
0,005	0,000	0,851	5	0	0	8	0,169	0,007	3,613	3,790
0,000	0,000	0,964	5	0	0	7	0,012	0,001	1,557	1,570
0,008	0,000	0,791	4	0	0	2	1,079	0,156	16,388	17,624
0,013	0,001	0,742	5	0	0	1	1,826	0,291	20,657	22,773
0,916	0,000	0,001	8	0	0	12	2,630	0,008	0,051	2,689
0,705	0,000	0,021	7	0	0	11	4,471	0,033	0,550	5,054
0,001	0,000	0,934	4	0	0	5	0,065	0,006	4,297	4,368
0,049	0,001	0,562	10	0	0	5	2,733	0,253	11,882	14,868
0,002	0,000	0,916	4	0	0	7	0,075	0,005	3,534	3,614
0,432	0,000	0,107	7	0	0	10	4,199	0,050	1,814	6,063
0,007	0,000	0,820	8	0	0	6	0,305	0,018	5,137	5,460
0,063	0,000	0,532	9	0	0	7	1,872	0,087	6,729	8,688
0,002	0,000	0,897	4	0	0	4	0,188	0,021	7,153	7,361
0,008	0,000	0,802	5	0	0	2	0,907	0,127	14,822	15,857

μ_{t1}^2	μ_{t2}^2	μ_{t3}^2	Dataset				L1	L2	L3	Total
			X1	X2	X3	X4				
0,002	0,000	0,916	4	0	0	7	0,075	0,005	3,534	3,614
0,865	0,000	0,003	7	0	1	12	3,487	0,016	0,128	3,631
0,048	0,000	0,591	7	0	2	8	1,078	0,036	4,884	5,997
0,850	0,000	0,004	7	0	0	13	4,745	0,040	0,183	4,968
0,891	0,000	0,002	9	0	1	11	2,875	0,010	0,079	2,964
0,732	0,006	0,005	11	0	0	14	8,670	0,482	0,410	9,562
0,857	0,001	0,002	8	0	2	14	5,351	0,084	0,143	5,577
0,468	0,060	0,005	11	1	1	16	9,657	2,803	0,641	13,100
0,445	0,059	0,008	10	0	0	17	12,354	3,666	1,133	17,152
0,023	0,000	0,703	7	0	0	8	0,526	0,016	4,052	4,594
0,384	0,017	0,062	10	6	3	10	12,859	1,974	4,322	19,155
0,707	0,010	0,003	10	2	0	15	8,123	0,646	0,322	9,091
0,002	0,895	0,000	14	8	4	19	0,207	9,266	0,059	9,532
0,002	0,879	0,000	15	6	6	23	0,412	15,886	0,136	16,434
0,005	0,811	0,001	13	9	2	21	0,822	17,036	0,254	18,113
0,025	0,608	0,004	19	6	2	16	3,656	24,901	1,218	29,774
0,004	0,000	0,854	6	3	1	5	0,270	0,025	6,364	6,659
0,064	0,001	0,517	7	4	2	7	2,420	0,172	8,487	11,080
0,014	0,000	0,738	5	0	4	4	1,302	0,162	13,816	15,280
0,267	0,000	0,217	8	0	0	9	3,475	0,061	3,065	6,601
0,004	0,000	0,859	6	0	0	3	0,369	0,044	9,325	9,738
0,256	0,180	0,005	11	4	1	16	7,161	5,811	0,663	13,636
0,879	0,000	0,003	8	2	2	11	2,918	0,012	0,092	3,022
0,834	0,000	0,005	7	0	2	12	4,249	0,029	0,202	4,481
0,542	0,037	0,005	9	3	1	16	9,607	1,912	0,592	12,112
0,029	0,639	0,001	12	3	2	18	1,419	9,164	0,193	10,775
0,002	0,897	0,000	14	3	2	22	0,212	9,348	0,053	9,613
0,879	0,000	0,003	8	2	2	11	2,918	0,012	0,092	3,022
0,000	0,000	0,964	5	0	0	7	0,012	0,001	1,557	1,570
0,000	0,000	0,971	5	1	0	7	0,007	0,000	1,270	1,278
0,749	0,000	0,015	7	0	1	11	4,051	0,025	0,387	4,462
0,007	0,000	0,827	6	0	0	8	0,193	0,007	3,310	3,510
0,404	0,059	0,015	12	2	5	13	11,886	3,734	1,634	17,254
0,010	0,748	0,001	12	3	2	24	1,570	20,788	0,434	22,792
0,176	0,001	0,298	8	4	1	8	4,465	0,223	6,114	10,802
0,022	0,608	0,005	16	6	4	30	8,849	65,036	3,751	77,636

Tabel 4.22 di atas menampilkan perhitungan fungsi objektif pada iterasi ke-44. Fungsi objektif dihitung berdasarkan jumlah keanggotaan kuadrat (μ_{ik}^2) dan jarak antara data dengan pusat cluster (V_{kj}), yang dikalikan dengan bobot keanggotaan. Nilai total yang dihasilkan digunakan untuk mengevaluasi konvergensi algoritma dan menentukan apakah iterasi perlu dilanjutkan.

4. Menghitung perubahan nilai derajat keanggotaan matriks partisi setiap data pada setiap cluster.

Tabel 4. 24 Perhitungan Matriks Iterasi 44

L1	L2	L3	LT	$\mu 1k^2$	$\mu 2k^2$	$\mu 3k^2$
0,0067	0,0008	0,0788	0,0864	0,078	0,009	0,912
0,0032	0,0005	0,0493	0,0531	0,060	0,010	0,930
0,0093	0,0008	0,5490	0,5592	0,017	0,002	0,982
0,0582	0,0015	0,0289	0,0886	0,657	0,016	0,326
0,0097	0,0009	0,0966	0,1072	0,091	0,008	0,901
0,0788	0,0016	0,0225	0,1030	0,766	0,016	0,219
0,0128	0,0009	0,1642	0,1779	0,072	0,005	0,923
0,0093	0,0008	0,5490	0,5592	0,017	0,002	0,982
0,0023	0,0005	0,0226	0,0254	0,092	0,018	0,889
0,0021	0,0004	0,0156	0,0181	0,114	0,025	0,861
0,2673	0,0021	0,0099	0,2794	0,957	0,008	0,036
0,0993	0,0017	0,0173	0,1183	0,839	0,014	0,146
0,0045	0,0006	0,1484	0,1536	0,030	0,004	0,966
0,0065	0,0009	0,0220	0,0294	0,220	0,030	0,749
0,0075	0,0008	0,1850	0,1933	0,039	0,004	0,957
0,0582	0,0015	0,0289	0,0886	0,657	0,016	0,326
0,0096	0,0009	0,1009	0,1114	0,086	0,008	0,906
0,0144	0,0011	0,0419	0,0575	0,251	0,019	0,729
0,0036	0,0006	0,0746	0,0788	0,046	0,007	0,947
0,0025	0,0005	0,0261	0,0291	0,087	0,017	0,896
0,0075	0,0008	0,1850	0,1933	0,039	0,004	0,957
0,1752	0,0020	0,0111	0,1883	0,930	0,011	0,059
0,0203	0,0012	0,0714	0,0929	0,218	0,013	0,769
0,1165	0,0022	0,0077	0,1264	0,922	0,017	0,061
0,2313	0,0021	0,0116	0,2451	0,944	0,009	0,047
0,0455	0,0041	0,0036	0,0532	0,856	0,077	0,067
0,1013	0,0032	0,0050	0,1095	0,926	0,029	0,045
0,0228	0,0081	0,0024	0,0333	0,684	0,244	0,071

L1	L2	L3	LT	$\mu 1k^2$	$\mu 2k^2$	$\mu 3k^2$
0,0157	0,0057	0,0021	0,0235	0,667	0,242	0,091
0,0204	0,0011	0,1121	0,1336	0,153	0,008	0,839
0,0124	0,0026	0,0050	0,0200	0,620	0,130	0,250
0,0473	0,0057	0,0032	0,0562	0,841	0,102	0,057
0,0023	0,0539	0,0008	0,0569	0,040	0,946	0,014
0,0013	0,0268	0,0005	0,0286	0,045	0,938	0,018
0,0018	0,0223	0,0007	0,0247	0,072	0,901	0,027
0,0019	0,0096	0,0008	0,0124	0,158	0,779	0,063
0,0058	0,0008	0,0813	0,0879	0,066	0,009	0,924
0,0106	0,0012	0,0303	0,0421	0,253	0,028	0,719
0,0036	0,0006	0,0257	0,0299	0,120	0,021	0,859
0,0405	0,0014	0,0364	0,0783	0,517	0,018	0,465
0,0034	0,0006	0,0507	0,0547	0,063	0,011	0,927
0,0155	0,0130	0,0021	0,0307	0,506	0,425	0,070
0,2233	0,0023	0,0125	0,2381	0,938	0,010	0,053
0,1307	0,0021	0,0103	0,1431	0,913	0,014	0,072
0,0275	0,0072	0,0027	0,0373	0,736	0,192	0,072
0,0076	0,0358	0,0014	0,0448	0,169	0,799	0,032
0,0023	0,0534	0,0007	0,0564	0,040	0,947	0,013
0,2233	0,0023	0,0125	0,2381	0,938	0,010	0,053
0,0093	0,0008	0,5490	0,5592	0,017	0,002	0,982
0,0098	0,0009	0,7144	0,7251	0,013	0,001	0,985
0,1212	0,0017	0,0171	0,1401	0,865	0,012	0,122
0,0166	0,0010	0,1767	0,1943	0,085	0,005	0,909
0,0146	0,0056	0,0028	0,0230	0,636	0,242	0,122
0,0018	0,0157	0,0006	0,0181	0,100	0,865	0,034
0,0176	0,0014	0,0229	0,0419	0,420	0,035	0,546
0,0006	0,0029	0,0003	0,0037	0,148	0,780	0,072
0,0063	0,0418	0,0013	0,0494	0,127	0,846	0,027
0,0070	0,0009	0,0471	0,0550	0,127	0,016	0,857
0,0191	0,0092	0,0026	0,0309	0,616	0,298	0,085
0,0205	0,0015	0,0194	0,0414	0,494	0,037	0,468
0,0198	0,0024	0,0072	0,0294	0,673	0,081	0,245
0,0109	0,0094	0,0022	0,0225	0,486	0,417	0,097
0,0052	0,0008	0,0781	0,0840	0,062	0,009	0,929
0,0033	0,0526	0,0009	0,0568	0,057	0,926	0,016
0,0099	0,0009	0,2290	0,2399	0,041	0,004	0,955
0,0039	0,0171	0,0012	0,0223	0,177	0,768	0,056
0,0008	0,0056	0,0004	0,0067	0,117	0,827	0,055
0,0092	0,0010	0,0887	0,0989	0,093	0,010	0,897

L1	L2	L3	LT	$\mu 1k^2$	$\mu 2k^2$	$\mu 3k^2$
0,0035	0,0456	0,0010	0,0501	0,070	0,910	0,020
0,0041	0,0089	0,0014	0,0143	0,285	0,621	0,094
0,0026	0,0105	0,0010	0,0141	0,187	0,744	0,069
0,0254	0,0015	0,0280	0,0548	0,463	0,027	0,511
0,0798	0,0051	0,0041	0,0891	0,896	0,058	0,046
0,0673	0,0016	0,0262	0,0952	0,707	0,017	0,276
0,0473	0,0015	0,0375	0,0863	0,549	0,017	0,434
0,0019	0,0133	0,0007	0,0159	0,119	0,839	0,042
0,2213	0,0028	0,0085	0,2326	0,951	0,012	0,037
0,0193	0,0062	0,0029	0,0284	0,680	0,217	0,103
0,0593	0,0048	0,0036	0,0677	0,877	0,071	0,053
0,2044	0,0022	0,0104	0,2170	0,942	0,010	0,048
0,1403	0,0018	0,0176	0,1597	0,879	0,011	0,110
0,0176	0,0011	0,0653	0,0840	0,210	0,013	0,777
0,0039	0,0006	0,0656	0,0700	0,055	0,008	0,936
0,0336	0,0013	0,0536	0,0885	0,380	0,014	0,606
0,0128	0,0009	0,1642	0,1779	0,072	0,005	0,923
0,2784	0,0024	0,0084	0,2892	0,963	0,008	0,029
0,1060	0,0032	0,0047	0,1139	0,930	0,028	0,041
0,0375	0,0013	0,0332	0,0720	0,521	0,018	0,460
0,0336	0,0013	0,0536	0,0885	0,380	0,014	0,606

5. Cek Kondisi Berhenti

(Konvergensi) dimana nilai $P_{43} = 935,8231306$ dan $P_{44} = 935,82321742$. Maka $|P_{44} - P_{43}| = |935,82321742 - 935,8231306| = 0.0000868727 < \xi$. Karena nilai $\xi = 0,0001$ Lebih besar dari P_{44} Maka Iterasi dihentikan. Hasil akhir pengelompokan berdasarkan derajat keanggotaan iterasi terakhir ke-44 dimana nilai $|P_{44} - P_{43}|$ adalah $|935,82321742 - 935,8231306| = 0.0000868727 < \xi$

Dari Hasil Perhitungan menggunakan algoritma Fuzzy C-Means dapat disimpulkan hasil cluster berada pada iterasi ke-44. berikut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 25 Hasil Cluster

NO	Kelurahan/ Desa	Derajat Keanggotaan			Cluster Terpilih	Cluster
		1	2	3		
1	Bululi	0,006748	0,000813	0,078791	0,078791	3
2	Karya Baru	0,003180	0,000548	0,049336	0,049336	3
3	Tiohu	0,009340	0,000846	0,549021	0,549021	3
4	Biluhu	0,058237	0,001455	0,028935	0,058237	1
5	Bua	0,009710	0,000866	0,096629	0,096629	3
6	Iluta	0,078828	0,001598	0,022546	0,078828	1
7	Payunga	0,012805	0,000946	0,164188	0,164188	3
8	Pilobuhuta	0,009340	0,000846	0,549021	0,549021	3
9	Biluhu Timur	0,002345	0,000469	0,022625	0,022625	3
10	Olimo'o	0,002071	0,000448	0,015632	0,015632	3
11	Lamahu	0,267343	0,002131	0,009931	0,267343	1
12	Suka Damai	0,099316	0,001661	0,017329	0,099316	1
13	Diloniyohu	0,004539	0,000633	0,148392	0,148392	3
14	Parungi	0,006478	0,000891	0,022045	0,022045	3
15	Otopade	0,007495	0,000779	0,185001	0,185001	3
16	Pilolalenga	0,058237	0,001455	0,028935	0,058237	1
17	Bongomeme	0,009595	0,000923	0,100929	0,100929	3
18	Botuboluwe	0,014435	0,001119	0,041919	0,041919	3
19	Dungaliyo	0,003594	0,000572	0,074637	0,074637	3
20	Duwanga	0,002546	0,000495	0,026106	0,026106	3
21	Pangadaa	0,007495	0,000779	0,185001	0,185001	3
22	Haya-Haya	0,175180	0,001992	0,011138	0,175180	1
23	Huidu	0,020280	0,001180	0,071411	0,071411	3
24	Hutabohu	0,116470	0,002157	0,007733	0,116470	1
25	Ombulo	0,231341	0,002141	0,011576	0,231341	1
26	Padengo	0,045536	0,004095	0,003579	0,045536	1
27	Pone	0,101339	0,003164	0,004958	0,101339	1
28	Tunggulo	0,022769	0,008122	0,002374	0,022769	1
29	Yosonegro	0,015671	0,005694	0,002140	0,015671	1
30	Biyonga	0,020426	0,001119	0,112054	0,112054	3
31	Bolihuangga	0,012430	0,002608	0,005010	0,012430	1
32	Dutulanaa	0,047285	0,005735	0,003210	0,047285	1
33	Hepuhulawa	0,002264	0,053876	0,000796	0,053876	2
34	Hunggaluwa	0,001279	0,026833	0,000509	0,026833	2
35	Hutuo	0,001780	0,022254	0,000670	0,022254	2

NO	Kelurahan/ Desa	Derajat Keanggotaan			Cluster Terpilih	Cluster
		1	2	3		
36	Kayubulan	0,001949	0,009642	0,000780	0,009642	2
37	Kayumerah	0,005844	0,000805	0,081283	0,081283	3
38	Tenilo	0,010647	0,001174	0,030290	0,030290	3
39	Tilihuwa	0,003585	0,000633	0,025662	0,025662	3
40	Paris	0,040465	0,001386	0,036448	0,040465	1
41	Sidomukti	0,003441	0,000579	0,050711	0,050711	3
42	Bakti	0,015514	0,013036	0,002137	0,015514	1
43	Bukit Aren	0,223315	0,002314	0,012506	0,223315	1
44	Molamahu	0,130683	0,002060	0,010336	0,130683	1
45	Mulyonegoro	0,027482	0,007158	0,002695	0,027482	1
46	Pongongaila	0,007566	0,035814	0,001433	0,035814	2
47	Pulubala	0,002277	0,053381	0,000715	0,053381	2
48	Tridarma	0,223315	0,002314	0,012506	0,223315	1
49	Ilomangga	0,009340	0,000846	0,549021	0,549021	3
50	Moahudu	0,009783	0,000880	0,714427	0,714427	3
51	Tabongo Barat	0,121235	0,001737	0,017120	0,121235	1
52	Tabongo Timur	0,016573	0,001031	0,176666	0,176666	3
53	Bulila	0,014616	0,005569	0,002797	0,014616	1
54	Hulawa	0,001821	0,015681	0,000624	0,015681	2
55	Hutudaa	0,017599	0,001450	0,022867	0,022867	3
56	Luhu	0,000551	0,002907	0,000270	0,002907	2
57	Mongolato	0,006262	0,041798	0,001339	0,041798	2
58	Patungo	0,006959	0,000902	0,047125	0,047125	3
59	Pilohayanga	0,019074	0,009228	0,002638	0,019074	1
60	Tinelo	0,020487	0,001545	0,019417	0,020487	1
61	Balahu	0,019773	0,002392	0,007205	0,019773	1
62	Dumati	0,010936	0,009377	0,002177	0,010936	1
63	Lupoyo	0,005190	0,000750	0,078104	0,078104	3
64	Pantungo	0,003253	0,052642	0,000926	0,052642	2
65	Payango	0,009926	0,000933	0,229023	0,229023	3
66	Pentadio Barat	0,003942	0,017111	0,001239	0,017111	2
67	Pentadio Timur	0,000786	0,005550	0,000371	0,005550	2
68	Talumelito	0,009211	0,000955	0,088702	0,088702	3
69	Timuato	0,003498	0,045574	0,001017	0,045574	2
70	Tuladenggi	0,004089	0,008906	0,001350	0,008906	2
71	Ulapato	0,002645	0,010498	0,000973	0,010498	2
72	Balahu	0,025381	0,001454	0,027998	0,027998	3

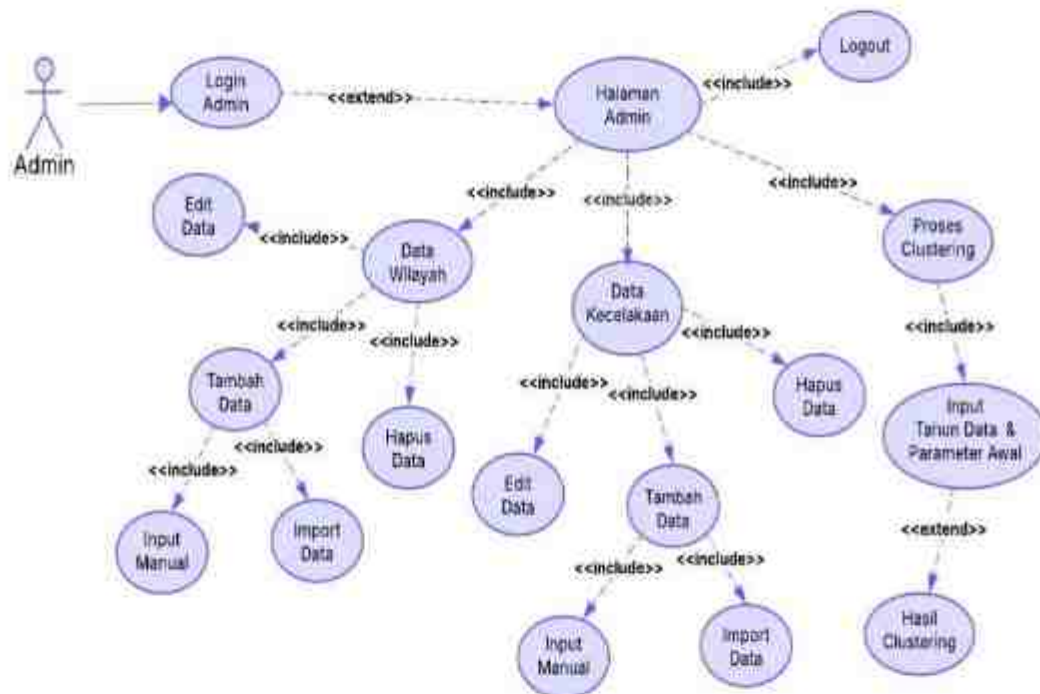
NO	Kelurahan/ Desa	Derajat Keanggotaan			Cluster Terpilih	Cluster
		1	2	3		
73	Botumoputi	0,079829	0,005149	0,004139	0,079829	1
74	Buhu	0,067311	0,001626	0,026236	0,067311	1
75	Datahu	0,047323	0,001471	0,037461	0,047323	1
76	Iloponu	0,001888	0,013334	0,000663	0,013334	2
77	Isimu Raya	0,221304	0,002791	0,008495	0,221304	1
78	Isimu Selatan	0,019323	0,006174	0,002913	0,019323	1
79	Labanu	0,059341	0,004805	0,003555	0,059341	1
80	Reksonegoro	0,204370	0,002235	0,010439	0,204370	1
81	Tolotio	0,140295	0,001779	0,017591	0,140295	1
82	Ilotidea	0,017635	0,001060	0,065314	0,065314	3
83	Lawono	0,003875	0,000589	0,065579	0,065579	3
84	Tenggela	0,033586	0,001275	0,053618	0,053618	3
85	Tilote	0,012805	0,000946	0,164188	0,164188	3
86	Tinelo	0,278396	0,002376	0,008395	0,278396	1
87	Margomulyo	0,105999	0,003235	0,004683	0,105999	1
88	Molohu	0,037544	0,001317	0,033161	0,037544	1
89	Sidoharjo	0,033586	0,001275	0,053618	0,053618	3

Dari hasil perhitungan *clustering* menggunakan metode *Fuzzy C-Means* terhadap 89 kelurahan/desa, diperoleh pembagian wilayah menjadi 3 cluster berdasarkan derajat keanggotaan tertinggi dari masing-masing wilayah. C1 (Cukup Rawan) terdiri dari 32 daerah, C2 (Rawan) mencakup 15 Daerah, dan C3 (Aman) memiliki jumlah terbanyak yaitu 42 daerah. Penentuan cluster untuk setiap wilayah ditentukan berdasarkan nilai derajat keanggotaan tertinggi di antara ketiga cluster. Sebagai contoh, Desa Moahudu memiliki derajat keanggotaan tertinggi pada C3 dengan nilai 0.714427, sehingga desa tersebut diklasifikasikan ke dalam C3. Sedangkan Desa Hepuhulawa memiliki derajat keanggotaan tertinggi pada C2 dengan nilai 0.053876, sehingga masuk ke dalam kelompok C2.

4.3 Hasil Pengembangan Sistem

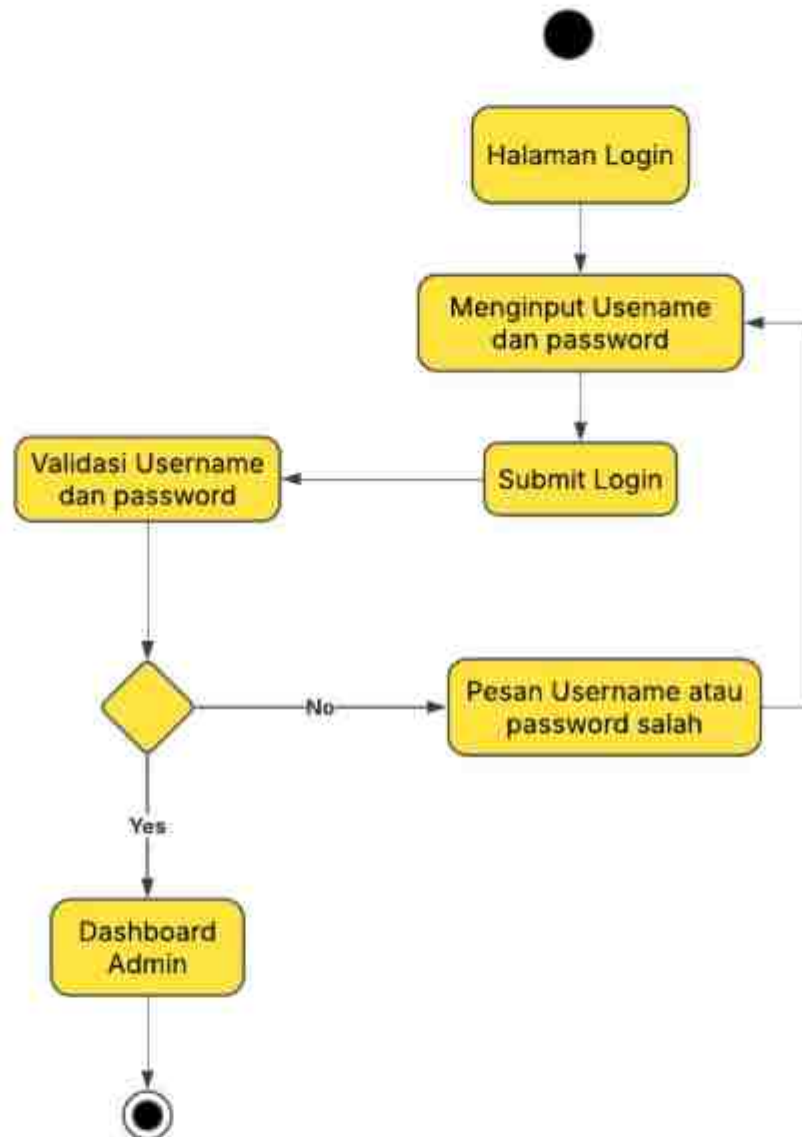
Pada sub bab ini, akan dijelaskan hasil dari proses pengembangan sistem menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) untuk menganalisis dan merancang desain sistem. UML digunakan sebagai alat bantu dalam memodelkan kebutuhan fungsional dan alur kerja sistem secara terstruktur. Hasil analisis dan desain sistem ini mencakup diagram-diagram yang menggambarkan interaksi antar komponen serta aliran informasi dalam sistem yang dikembangkan.

4.3.1 Use Case Diagram



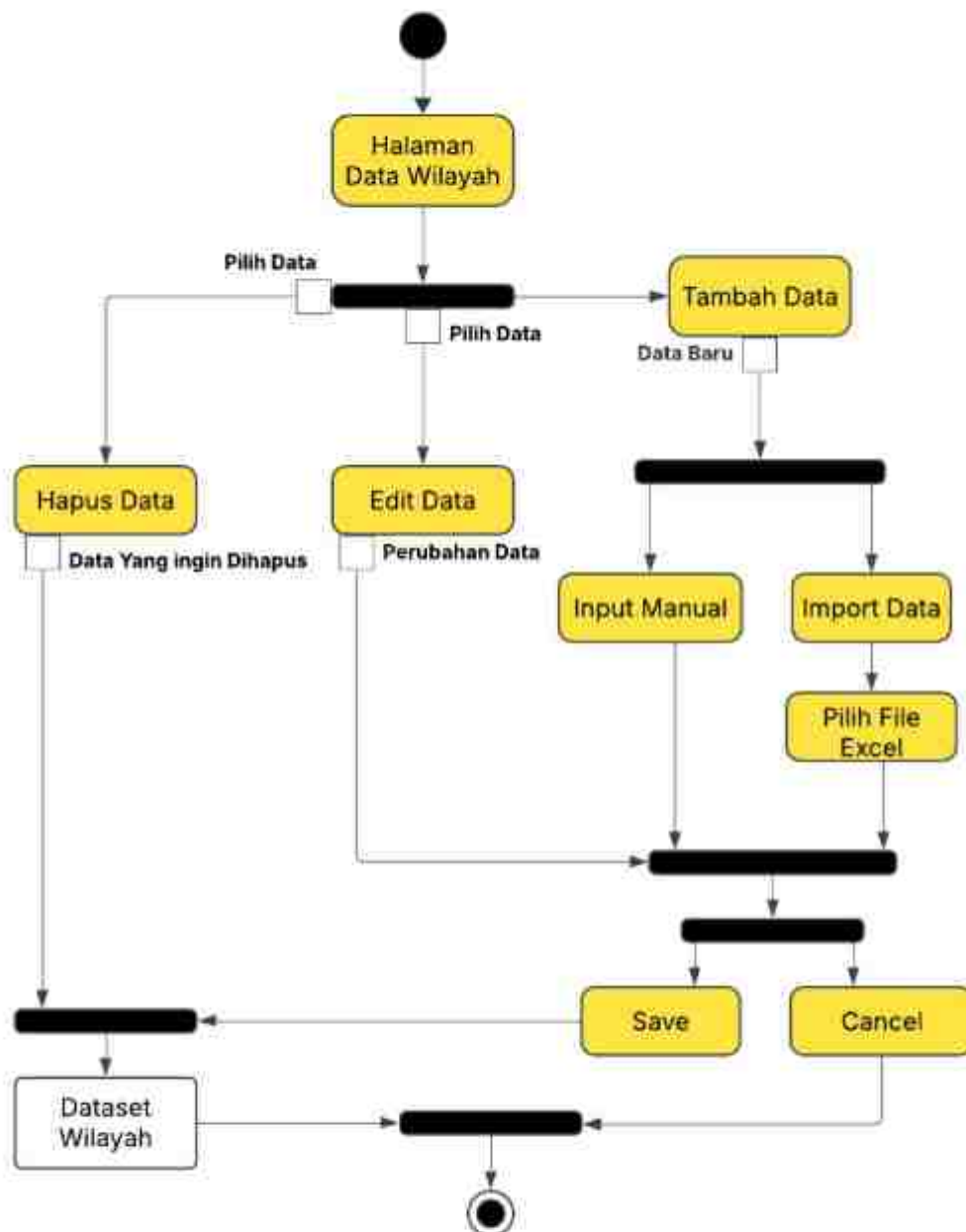
Gambar 4.1 Use Case Diagram

4.3.2 Activity diagram login



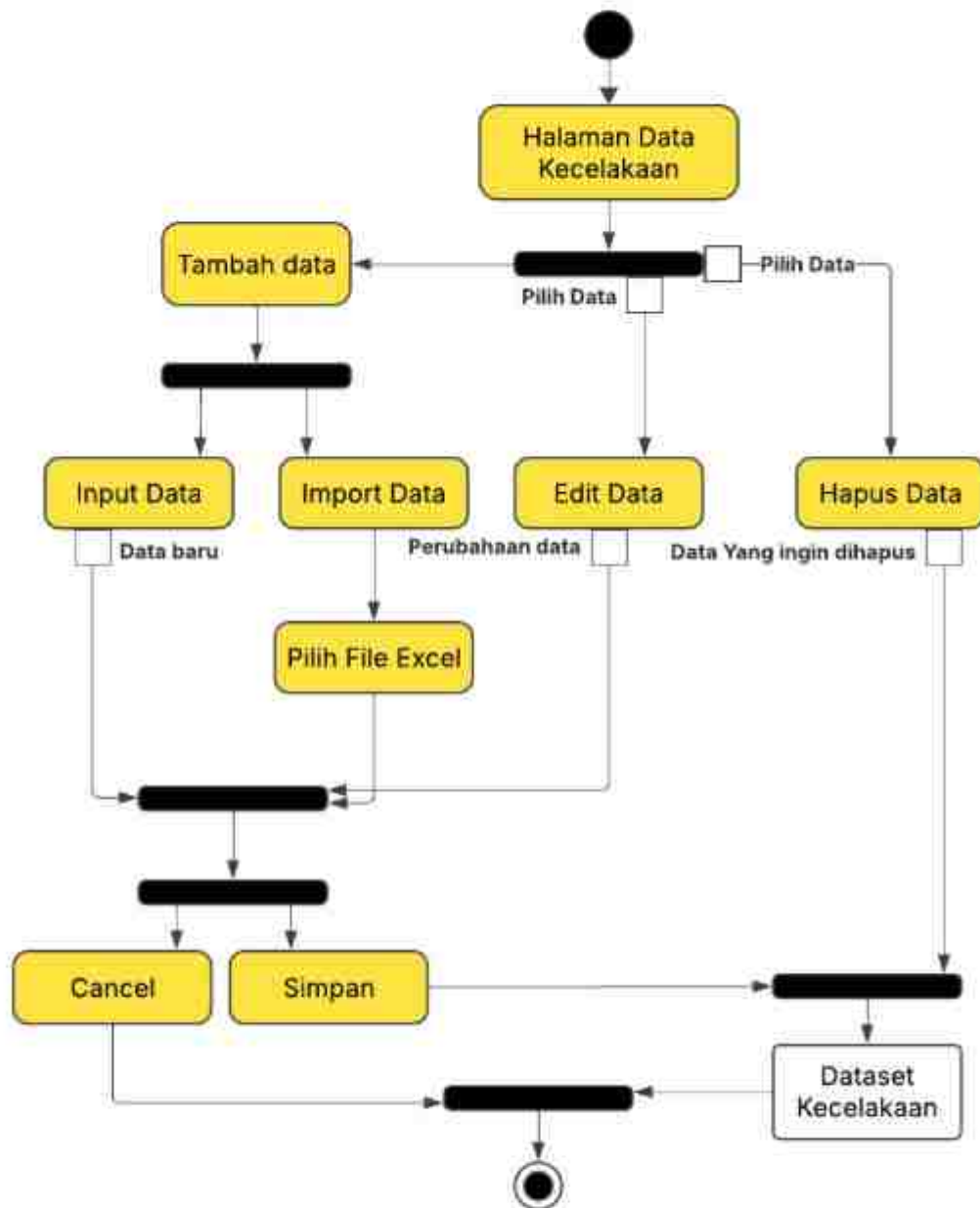
Gambar 4. 2 Activity Diagram Login

4.3.3 Activity Diagram Data Wilayah



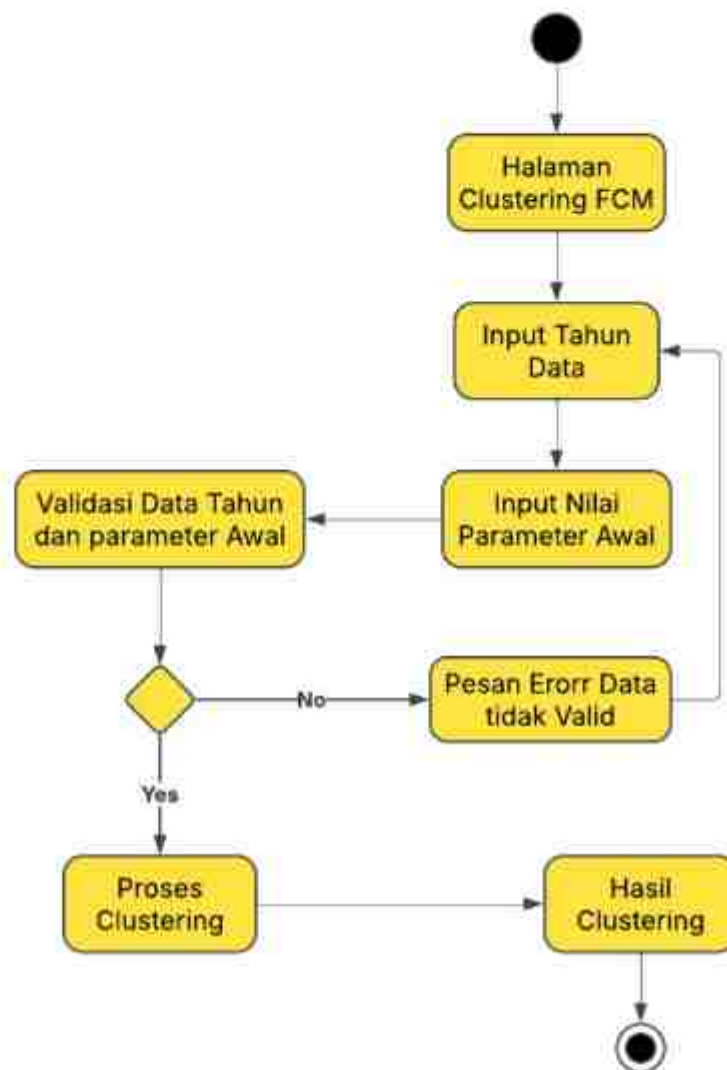
Gambar 4. 3 Activity Diagram Data Wilayah

4.3.4 Activity Diagram Data Kecelakaan



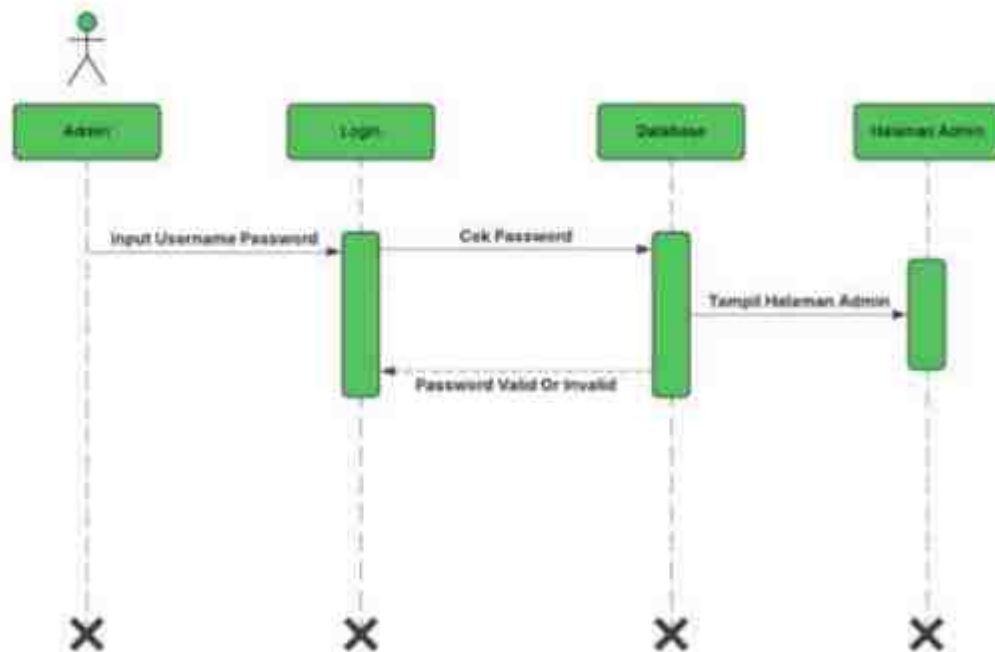
Gambar 4. 4 Activity Diagram Data Kecelakaan

4.3.5 Activity Diagram Proses Clustering FCM



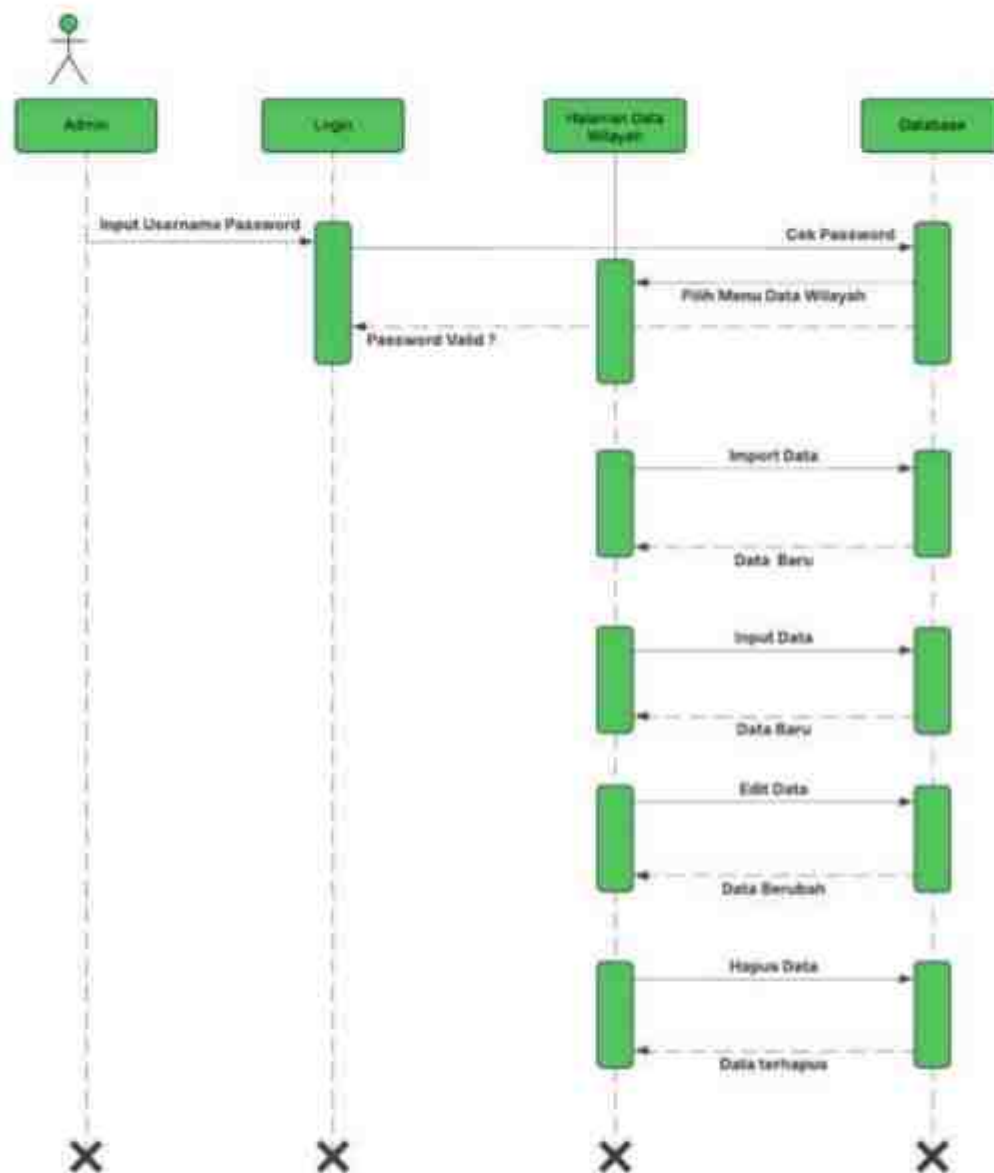
Gambar 4. 5 Activity Diagram Proses Clustering

4.3.6 Sequence Diagram Login



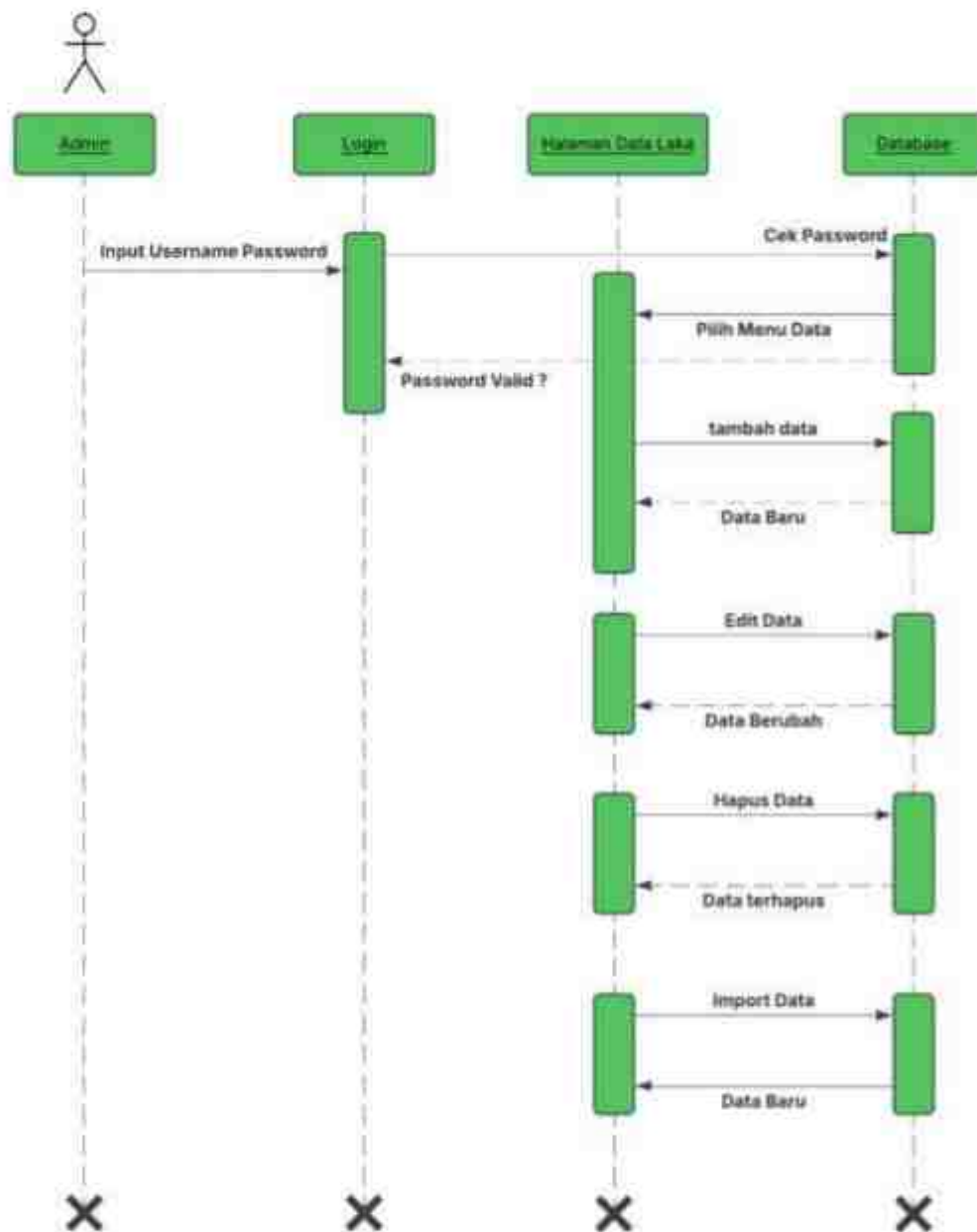
Gambar 4. 6 Sequence Diagram Login

4.3.7 Sequence Diagram Data Wilayah



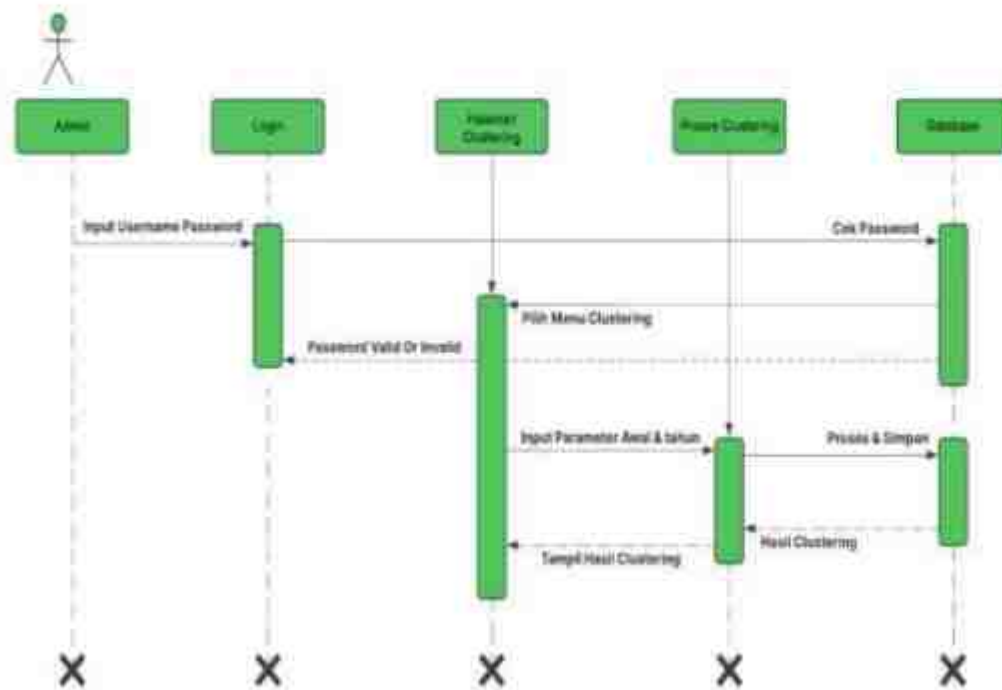
Gambar 4. 7 Sequence Diagram Data Wilayah

4.3.8 Sequence Diagram Data Kecelakaan



Gambar 4. 8 Sequence Diagram Data Kecelakaan

4.3.9 Sequence Diagram Proses Clustering



Gambar 4. 9 Sequence Diagram Proses Clustering

4.4 Arsitektur Sistem

Adapun Untuk Memastikan Sistem bekerja Secara Optimal disarankan menggunakan perangkat lunak dan perangkat sebagai berikut:

- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| 1. Processor | : Minimum Intel Celeron N4000 |
| 2. RAM | : 4 GB |
| 3. HDD / SSD | : 512 GB |
| 4. Sistem Operasi | : Minimal Windows 8 |
| 5. Web Browser | : Chrome, Firefox |
| 6. Web Server | : Xampp |
| 7. Editor Web | : Visual Studio Code |

4.5 Interface Design

4.5.1 Mekanisme Login

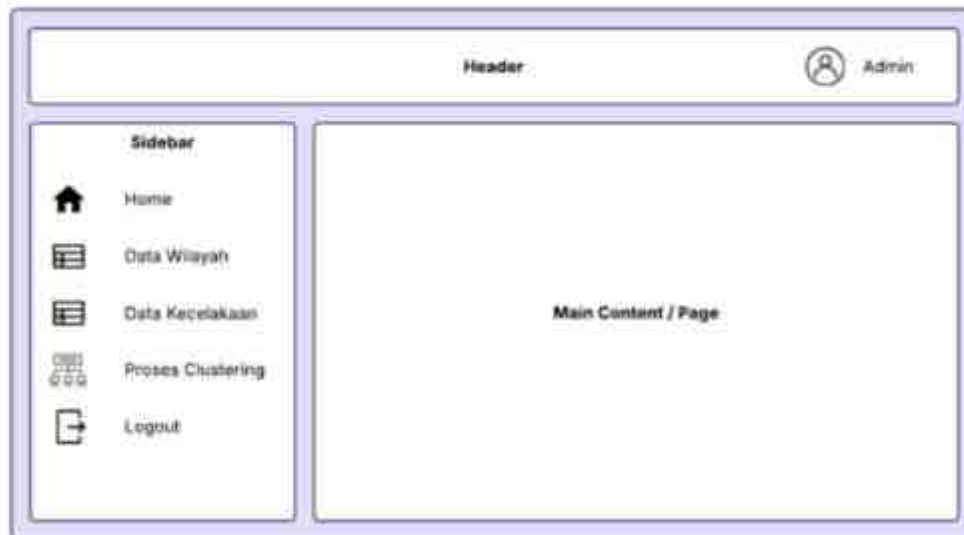
Login Page

Username

Password

Login

4.5.2 Mekanisme Navigasi Dashboard Admin



4.5.3 Mekanisme Input Data Wilayah

Tambah Data Wilayah ✕

[Input Manual](#) [Import Data](#)

Nama Kecamatan

Nama Kelurahan

4.5.4 Mekanisme Output Data Wilayah

Header: Admin

Sidebar:

- Home
- Data Wilayah**
- Data Kecelakaan
- Proses Clustering
- Logout

Main Content: Home/Data Wilayah

+ Tambah Data

#	Kecamatan	Kelurahan	Aksi
1	aaa	aaa	Edit Hapus
2	aaa	aaa	Edit Hapus
3	aaa	aaa	Edit Hapus
4	aaa	aaa	Edit Hapus

4.5.5 Mekanisme Input Data Kecelakaan

Tambah Data Kecelakaan

Input Manual Import Data

Nama Kecamatan
Pilih Kecamatan

Nama Kelurahan
Pilih Kelurahan

Jumlah Laka
Jumlah Kecelakaan

Meninggal Dunia
Korban Meninggal

Luka Berat
Korban Luka Berat

Luka Ringan
Korban Luka Ringan

Kembali Simpan

4.5.6 Mekanisme Output Data Kecelakaan

Header: Admin

Sidebar: Home, Data Wilayah, Data Kecelakaan, Proses Clustering, Logout

Breadcrumbs: Home/Data Kecelakaan

+ Tambah Data

#	Kecelakaan	Rakorban	Jumlah Laka	MO	LD	LR	Aksi
1	000	000	00	00	00	00	Edit Hapus
2	000	000	00	00	00	00	Edit Hapus
3	000	000	00	00	00	00	Edit Hapus
4	000	000	00	00	00	00	Edit Hapus

4.5.7 Mekanisme Input Data Proses Clustering

Header: Admin

Sidebar: Home, Data Wilayah, Data Kecelakaan, Proses Clustering, Logout

Breadcrumbs: Home/Proses Clustering

Pilih Tahun Data: 2024

Preview Data

Kecelakaan	Jml Laka	MO	LR

Jumlah Cluster:

Bobot Fuzzy:

Max iter:

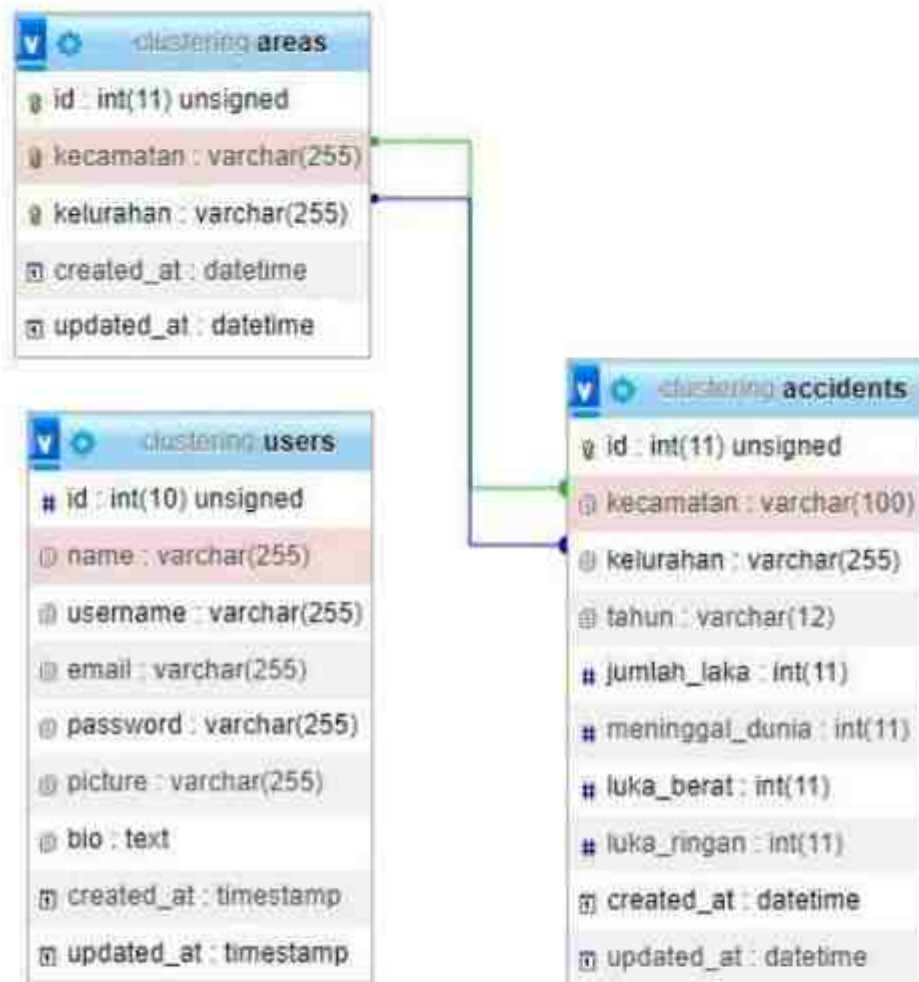
Epsilon:

Mulai Proses Clustering

4.5.8 Mekanisme Output Data Hasil Clustering



4.6 Desain Database



Gambar 4. 10 Desain Database

4.7 Pengujian White Box

4.7.1 Kode Program Tambah data kecelakaan

```

public function addAccident()
{
    $request = \Config\Services::request(); ..... 1
    if ($request->isAJAX()) { ..... 2
        $rules = [ ..... 3
            'kecamatan' => [ ..... 3
                'rules' => 'required', ..... 3
                'errors' => [ ..... 3
                    'required' => 'Kecamatan tidak boleh kosong', ..... 3
                ], ..... 3
            ], ..... 3
            'kelurahan' => [ ..... 3
                'rules' => 'required', ..... 3
                'errors' => [ ..... 3
                    'required' => 'Kelurahan / Desa tidak boleh kosong', ..... 3
                ], ..... 3
            ], ..... 3
            'tahun' => [ ..... 3
                'rules' => 'required|integer', ..... 3
                'errors' => [ ..... 3
                    'required' => 'Masukan Tahun', ..... 3
                    'integer' => 'Tahun harus berupa angka', ..... 3
                ], ..... 3
            ], ..... 3
            'jumlah_laka' => [ ..... 3
                'rules' => 'required|integer', ..... 3
                'errors' => [ ..... 3
                    'required' => 'Jumlah kecelakaan harus diisi', ..... 3
                    'integer' => 'Jumlah kecelakaan harus berupa angka', ..... 3
                ], ..... 3
            ], ..... 3
            'meninggal_dunia' => [ ..... 3
                'rules' => 'required|integer', ..... 3
                'errors' => [ ..... 3
                    'required' => 'Jumlah meninggal dunia harus diisi', ..... 3
                    'integer' => 'Jumlah meninggal dunia harus berupa angka', ..... 3
                ], ..... 3
            ], ..... 3
        ]; ..... 3
    } ..... 3
} ..... 3

```

```

'luka_berat' => [ ..... 3
    'rules' => 'required|integer', ..... 3
    'errors' => [ ..... 3
        'required' => 'Jumlah korban luka berat harus diisi', ..... 3
        'integer' => 'Jumlah korban luka berat harus berupa angka', ..... 3
    ], ..... 3
], ..... 3
'luka_ringan' => [ ..... 3
    'rules' => 'required|integer', ..... 3
    'errors' => [ ..... 3
        'required' => 'Jumlah korban luka ringan harus diisi', ..... 3
        'integer' => 'Jumlah korban luka ringan harus berupa angka', ..... 3
    ], ..... 3
], ..... 3
]; ..... 3
if (!$this->validate($rules)) { ..... 4
    $errors = $this->validator->getErrors(); ..... 5
    return $this->response->setJSON([ ..... 5
        'status' => 0, ..... 5
        'token' => csrf_hash(), ..... 5
        'error' => $errors, ..... 5
    ]); ..... 5
} else { ..... 6
    $kecamatan = $request->getVar('kecamatan'); ..... 6
    $kelurahan = $request->getVar('kelurahan'); ..... 6
    $tahun = $request->getVar('tahun'); ..... 6
    $accidentModel = new Accident(); ..... 7
    $existing = $accidentModel->where('kecamatan', $kecamatan) ..... 7
        ->where('kelurahan', $kelurahan) ..... 7
        ->where('tahun', $tahun) ..... 7
        ->first(); ..... 7
    if ($existing) { ..... 8
        return $this->response->setJSON([ ..... 9
            'status' => 0, ..... 9
            'token' => csrf_hash(), ..... 9
            'msg' => 'Data kecelakaan untuk ' . $kecamatan . ', ' . $kelurahan .
            ', tahun ' . $tahun . ' sudah ada.' ..... 9
        ]); ..... 9
    } else { ..... 10
        $data = [ ..... 10

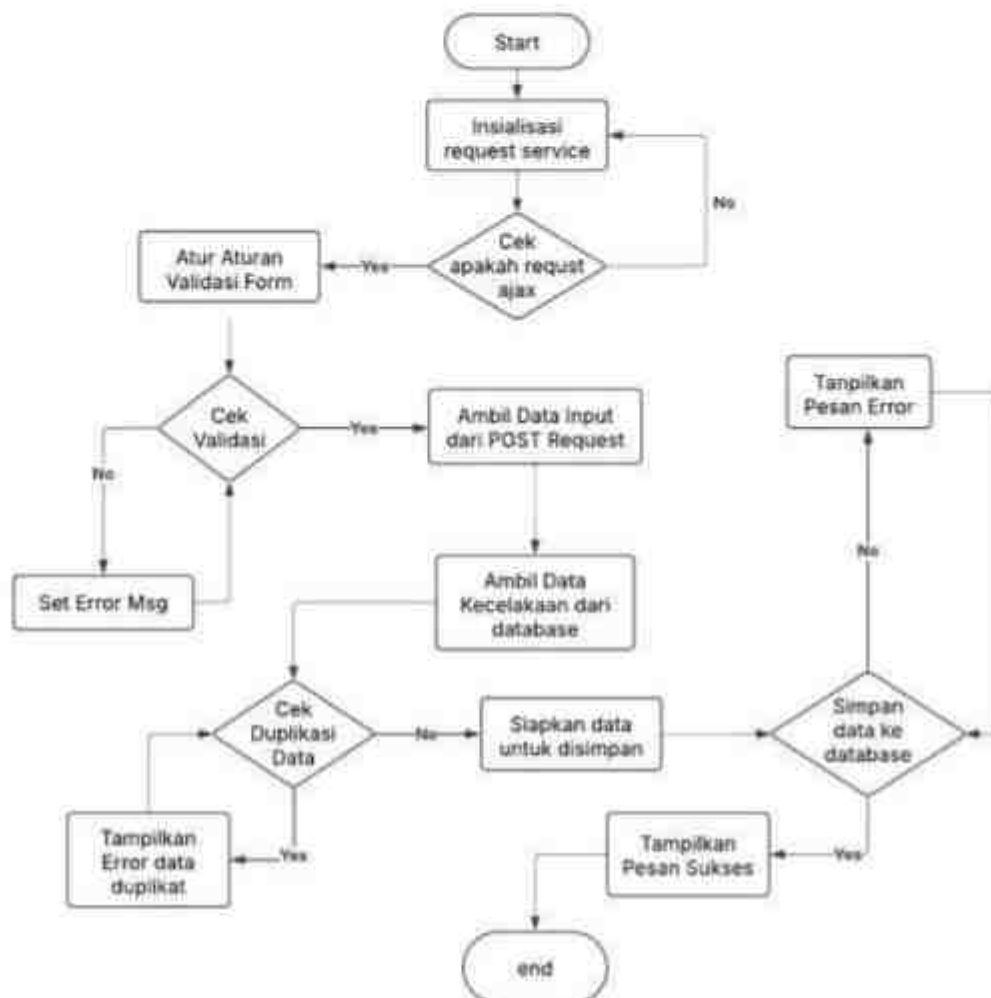
```

```

'kecamatan'    => $kecamatan, ..... 10
'kelurahan'    => $kelurahan, ..... 10
'tahun'        => $tahun, ..... 10
'jumlah_laka'  => $request->getVar('jumlah_laka'), ..... 10
'meninggal_dunia' => $request->getVar('meninggal_dunia'), ..... 10
'luka_berat'   => $request->getVar('luka_berat'), ..... 10
'luka_ringan'  => $request->getVar('luka_ringan'), ..... 10
]; ..... 10
if ($saccidentModel->save($data)) { ..... 11
    return $this->response->setJSON(['status' => 1, 'token' => ..... 12
csrf_hash(), 'msg' => 'Done! Data kecelakaan berhasil ditambahkan.']); .... 12
} else { ..... 13
    return $this->response->setJSON(['status' => 0, 'token' =>
csrf_hash(), 'msg' => 'Something went wrong, data gagal disimpan.']); ..... 13
} ..... 13
} ..... 13
} ..... 13
} ..... 13

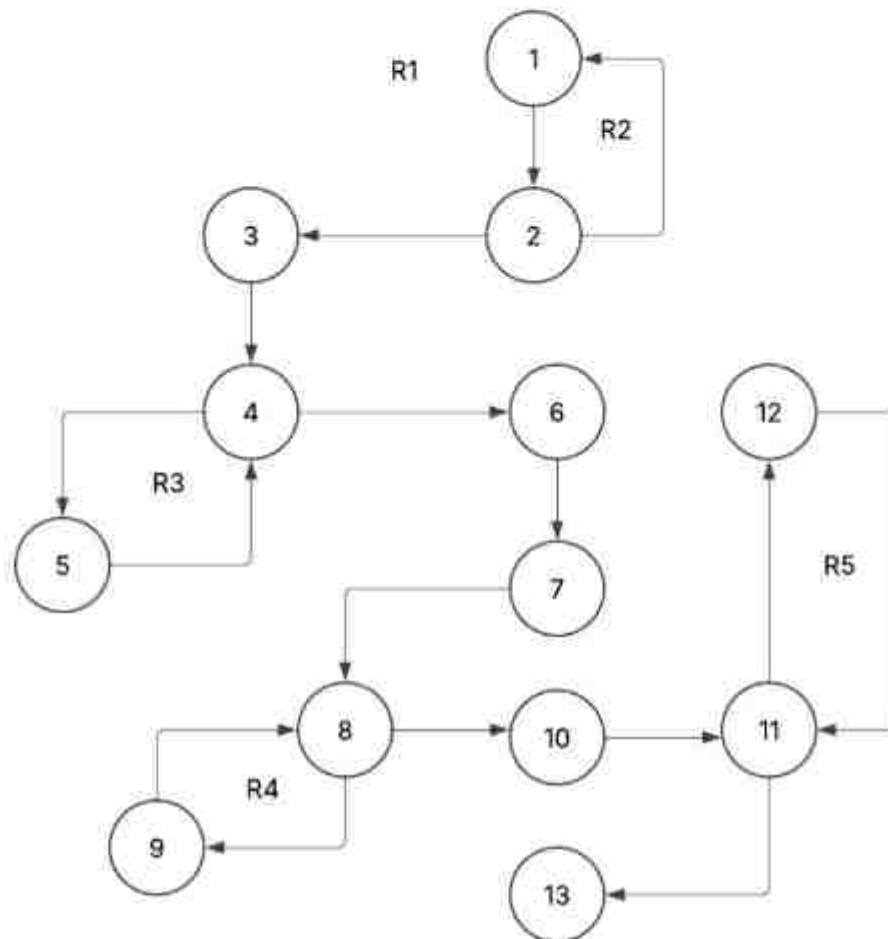
```

4.7.2 Flowchart Program Tambah Data Kecelakaan



Gambar 4. 11 Flowchart Program Tambah Data Kecelakaan

4.7.3 Flowgraph Program Tambah Data Kecelakaan



Gambar 4. 12 Flowgraph Program Tambah data kecelakaan

Dari Flowgraph diatas, didapatkan.

Diketahui: *Region (R)* = 5
Node (N) = 13
Edge (E) = 16
Predikat Node(P) = 4

Menghitung kompleksitas siklomatik sebagai berikut:

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} V(G) &= E - N + 2 \\ &= 16 - 13 + 2 \\ &= 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V(G) &= P + 1 \\ &= 4 + 1 \\ &= 5 \end{aligned}$$

Basis Path (jalur):

- Path 1: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 13$
- Path 2: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 12$
- Path 3: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 13$
- Path 4: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 13$
- Path 5: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 8 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 13$

Berdasarkan hasil perhitungan kompleksitas siklomatik sebesar 5, terdapat 5 basis path yang mencakup semua kemungkinan jalur dalam grafik. Identifikasi basis path ini penting dalam pengujian berbasis jalur untuk memastikan setiap kemungkinan aliran eksekusi diuji secara menyeluruh, sehingga membantu dalam mendeteksi potensi kesalahan atau anomali dalam sistem.

4.8 Pengujian *Black Box*

Pengujian *Black Box* dilakukan untuk menguji fungsionalitas sistem berdasarkan masukan dan keluaran yang diharapkan tanpa melihat kode sumber. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap fitur dalam sistem berjalan sesuai dengan spesifikasinya. Berikut adalah tabel pengujian *Black Box*

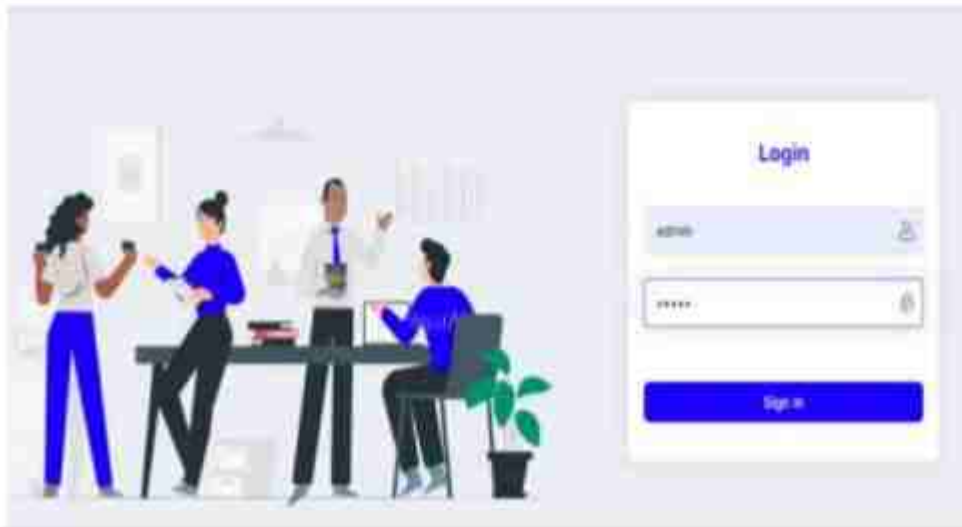
Tabel 4. 26 Pengujian *Black Box*

No	Input/Event	Fungsi	Hasil yang DiharapkanS	Hasil Uji
1	Memasukkan username dan password yang valid	Sistem melakukan autentikasi pengguna	Pengguna berhasil login	Sesuai
2	Memasukkan username atau password yang salah	Sistem menampilkan pesan kesalahan	Pengguna tidak dapat login	Sesuai
3	Klik menu 'Wilayah'	Sistem menampilkan halaman data wilayah	Halaman wilayah ditampilkan	Sesuai
4	Klik menu 'Data Kecelakaan'	Sistem menampilkan halaman data kecelakaan	Halaman data kecelakaan ditampilkan	Sesuai
5	Menambahkan data kecelakaan	Sistem menyimpan data ke dalam database	Data kecelakaan baru berhasil ditambahkan	Sesuai
6	Mengedit data kecelakaan)	Sistem memperbarui data kecelakaan yang dipilih	Data kecelakaan berhasil diperbarui	Sesuai

No.	Input/Event	Fungsi	Hasil yang DiharapkanS	Hasil Uji
7	Menghapus data kecelakaan	Sistem menghapus data kecelakaan dari database	Data kecelakaan berhasil dihapus	Sesuai
8	Melihat daftar data kecelakaan	Sistem mengambil dan menampilkan data kecelakaan	Daftar data kecelakaan ditampilkan	Sesuai
9	Klik menu 'Halaman Clustering'	Sistem menampilkan halaman clustering	Halaman clustering ditampilkan	Sesuai
10	Memilih tahun data untuk clustering	Sistem memfilter data berdasarkan tahun yang dipilih	Data ditampilkan sesuai tahun yang dipilih	Sesuai
11	Memasukkan jumlah cluster dan bobot fuzzy	Sistem memproses clustering menggunakan metode FCM	Proses clustering berjalan dengan benar	Sesuai
12	Menekan tombol untuk memulai clustering	Sistem melakukan perhitungan clustering	Hasil clustering ditampilkan	Sesuai
13	Klik tombol 'Logout'	Sistem mengakhiri sesi pengguna dan kembali ke halaman login	Pengguna berhasil logout	Sesuai

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Tampilan Halaman Login



Gambar 5. 1 Tampilan Halaman Login

Pada gambar di atas ditampilkan tampilan menu login yang berfungsi sebagai halaman autentikasi untuk membatasi akses ke dalam sistem. Pengguna harus memasukkan username dan password yang valid untuk dapat masuk. Jika data yang dimasukkan benar, sistem akan mengarahkan pengguna ke halaman utama, sedangkan jika salah, akan muncul notifikasi kesalahan. Menu ini memastikan hanya pengguna yang berwenang yang dapat mengakses sistem.

5.2 Tampilan Halaman Admin



Gambar 5. 2 Tampilan Halaman Admin

Pada gambar di atas ditampilkan tampilan halaman admin. Halaman ini menyediakan informasi utama terkait data kecelakaan di Kabupaten Gorontalo, seperti jumlah kecamatan, desa/kelurahan, total kecelakaan, dan total korban. Admin dapat mengakses berbagai menu seperti Wilayah, Data Kecelakaan, dan Proses Clustering untuk mengelola serta menganalisis data kecelakaan menggunakan metode *Fuzzy C-Means Clustering*. Halaman ini dirancang untuk memberikan kemudahan dalam pemantauan dan pengelolaan data kecelakaan secara efektif.

5.3 Tampilan Halaman Data wilayah



id	Kecamatan	Desa/Kelurahan	Aksi
1	Lumban	Duhanda	Edit Hapus
2	Lumban	Ara-Adung	Edit Hapus
3	Lumban	Pakul	Edit Hapus
4	Lumban	Tiluma	Edit Hapus
5	Lumban	Bongga	Edit Hapus
6	Lumban	Hunggakom	Edit Hapus

Gambar 5. 3 Tampilan Halaman Data Wilayah

Tampilan di atas merupakan halaman Data Wilayah yang digunakan untuk menampilkan daftar kecamatan dan desa/kelurahan yang terdaftar dalam sistem. Pengguna dapat menambahkan data wilayah baru melalui tombol Tambah Data, serta melakukan aksi Edit dan Hapus untuk memperbarui atau menghapus data yang sudah ada.

5.4 Tampilan Form Input Data Wilayah

Gambar 5. 4 Form Input Data Wilayah

Tampilan di atas merupakan Form Tambah Data Wilayah, yang digunakan untuk menambahkan informasi baru terkait kecamatan dan kelurahan ke dalam sistem. Pengguna dapat memilih metode input, yaitu Input Manual atau Upload Excel, untuk memasukkan data. Pada mode input manual, pengguna harus mengisi kolom Kecamatan dan Kelurahan, lalu menekan tombol Simpan untuk menyimpan data atau Kembali untuk membatalkan proses. Form ini bertujuan untuk memperbarui basis data wilayah.

5.5 Tampilan Halaman Data Kecelakaan

ID	Kecamatan	Desa/Kelurahan	Tahun	Total Laka	MD	LB	LR	Aksi
1	Gunungsari	Widubene	2020	2	2	0	0	Edit Hapus
2	Gunungsari	Kayubulan	2020	1	1	0	0	Edit Hapus
3	Gunungsari	Hutan	2020	2	0	2	0	Edit Hapus
4	Gunungsari	Talawa	2020	1	0	0	0	Edit Hapus
5	Gunungsari	Konanga	2020	2	0	0	2	Edit Hapus
6	Gunungsari	Kumpang	2020	1	0	0	1	Edit Hapus

Gambar 5. 5 Tampilan Halaman Data Kecelakaan

Pada gambar di atas ditampilkan Tampilan Halaman Data Kecelakaan dalam sistem. Halaman ini menampilkan daftar data kecelakaan berdasarkan kecamatan dan desa/kelurahan, serta informasi mengenai jumlah kecelakaan (Total Laka) beserta tingkat keparahannya (MD: Meninggal Dunia, LB: Luka Berat, LR: Luka Ringan). Admin dapat menambah data baru menggunakan tombol Tambah Data atau mengelola data yang sudah ada dengan fitur Edit dan Hapus.

5.6 Tampilan Form Tambah Data Kecelakaan

Gambar 5. 6 Form Input data kecelakaan

Tampilan di atas menunjukkan form tambah data kecelakaan yang berfungsi untuk memasukkan data kecelakaan lalu lintas secara manual atau melalui impor data. Pengguna dapat memilih kecamatan dan kelurahan, serta mengisi detail seperti tahun kejadian, jumlah kecelakaan, dan jumlah korban.

5.7 Tampilan Halaman Proses Clustering



Gambar 5. 7 Tampilan Halaman Proses Clustering

Tampilan di atas menunjukkan halaman Proses Clustering menggunakan metode *Fuzzy C-Means*. Pengguna dapat memilih tahun data yang akan digunakan dalam proses *clustering*. Selain itu, terdapat panel Parameter FCM yang memungkinkan pengguna mengatur jumlah *cluster*, bobot *fuzzy*, max iterasi, dan nilai *epsilon* yang menentukan tingkat error terkecil yang diharapkan.

5.8 Tampilan Hasil Clustering



Gambar 5. 8 Tampilan Hasil Clustering

Pada gambar 5.8 di atas, Tampilan Hasil evaluasi dari proses clustering ditampilkan dalam bentuk jumlah iterasi, nilai error terkecil yang dicapai, serta nilai *Silhouette Score*, yang digunakan untuk menilai kualitas hasil *clustering*. Semakin mendekati nilai 1, *Silhouette Score* menunjukkan bahwa pembentukan cluster semakin optimal. Di samping itu, hasil *clustering* juga divisualisasikan dalam bentuk diagram batang jumlah data per cluster dan tabel rincian kelurahan beserta kategori cluster yang dihasilkan (*Rawan, Cukup Rawan, Aman*).

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. Dari Hasil *clustering* menggunakan metode *Fuzzy C-Means* berhasil mengelompokkan daerah rawan kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Gorontalo ke dalam tiga cluster berdasarkan tingkat kerawannya. Dari total 89 kelurahan/desa yang dianalisis, diperoleh Cluster 1 (C1) terdiri dari 32 daerah, Cluster 2 (C2) mencakup 15 daerah, dan Cluster 3 (C3) memiliki jumlah terbanyak, yaitu 42 daerah. Hasil *clustering* ini menunjukkan pola distribusi tingkat kerawanan kecelakaan yang dapat menjadi acuan dalam pengambilan keputusan terkait penanganan dan pencegahan kecelakaan di wilayah kabupaten gorontalo.
2. Penelitian ini menerapkan metode *Fuzzy C-Means* untuk mengelompokkan wilayah di Kabupaten Gorontalo berdasarkan tingkat kerawanan kecelakaan lalu lintas. Berdasarkan rata-rata skor silhouette antara 0,4 hingga 0,6 dan jumlah iterasi rata-rata 30 s/d 40 iterasi (maksimal 100), hasil clustering menunjukkan validitas yang cukup baik dan pembagian wilayah ke dalam tiga kategori: Rawan, Cukup Rawan, dan Aman. Dengan demikian, metode FCM efektif untuk analisis pengelompokan tingkat kerawanan kecelakaan di Kabupaten Gorontalo.

6.2 Saran

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh instansi terkait, seperti Dinas Perhubungan dan Kepolisian, sebagai dasar dalam merancang strategi penanganan dan pencegahan kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Gorontalo dan juga menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya yang serupa.
2. Dari sisi pengembangan sistem, implementasi metode *Fuzzy C-Means* dalam sistem berbasis web menggunakan *PHP* dan *CodeIgniter 4* telah berhasil dilakukan. Namun, sistem ini masih dapat ditingkatkan dengan penambahan fitur prediksi kecelakaan berbasis machine learning, integrasi dengan sistem GIS (*Geographic Information System*) untuk visualisasi peta rawan kecelakaan

3. penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan metode *clustering* lain, seperti *K-Means* atau *DBSCAN*, untuk membandingkan hasil dan mencari metode yang lebih optimal dalam mengelompokkan wilayah rawan kecelakaan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hamzah and A. Vatesia, "Analisa Clustering Tingkat Rawan Kecelakaan Dengan Fuzzy C-Means," *JSAI : Journal Scientific and Applied Informatics*, vol. 5, pp. 28–35, Jan. 2022.
- [2] H. Tangahu, "Per April 2024, Ada 137 Kasus Kecelakaan di Gorontalo, 43 Nyawa Melayang," *Tribun Gorontalo*. Accessed: Sep. 21, 2024. [Online]. Available: <https://gorontalo.tribunnews.com/2024/05/27/per-april-2024-ada-137-kasus-kecelakaan-di-gorontalo-43-nyawa-melayang>
- [3] H. S. Firdaus, A. L. Nugraha, B. Sasmito, M. Awaluddin, and C. A. Nanda, "PERBANDINGAN METODE FUZZY C-MEANS DAN K-MEANS UNTUK PEMETAAN DAERAH RAWAN KRIMINALITAS DI KOTA SEMARANG," 2021.
- [4] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi logika fuzzy : untuk pendukung keputusan*, 2nd ed. Yogyakarta : Graha Ilmu, 2013.
- [5] A. Sriwirdani and D. Ahmad, "Klasterisasi Perusahaan Sektor Energi Berdasarkan Rasio Kinerja Keuangan dengan Metode Fuzzy C-Means," *JURNAL ILMIAH MATEMATIKA DAN TERAPAN*, vol. 20, no. 2, pp. 127–135, Dec. 2023, doi: 10.22487/2540766x.2023.v20.i2.16493.
- [6] I. B. Ristanto, Y. R. W. Utami, and T. Susyanto, "Penerapan Metode Clustering dengan Fuzzy C-Means untuk Memetakan Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas di Surakarta," *Jurnal Ilmiah SINUS*, vol. 19, no. 2, p. 27, Jul. 2021, doi: 10.30646/sinus.v19i2.562.
- [7] R. Alfian, "PENGELOMPOKAN DAERAH PENYEBARAN PENYAKIT MENULAR DI KOTA SIBOLGA MENGGUNAKAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS," Universitas Malikussaleh, LHOKEUMAWA, 2024.
- [8] A. Agnes Vernanda, A. Faisol, and N. Vendyansyah, "PENERAPAN METODE K-MEANS CLUSTERING UNTUK PEMETAAN DAERAH RAWAN KECELAKAAN LALU LINTAS DI KOTA MALANG BERBASIS WEBSITE," 2021.
- [9] S. Feni and E. Mubalus, "ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KECELAKAAN LALU LINTAS DI KABUPATEN SORONG DAN

PENANGGULANGANNYA ANALYSIS OF THE TRAFFIC ACCIDENT FACTORS IN SORONG DISTRICT AND HOW TO MANAGE THEM,” vol. 6, no. 1, 2023.

- [10] D. Abid, R. Wirya Adikusuma, A. Mufti, A. Fikri, D. Rinci, and K. Hapsari, “Penerapan Metode K-Means Clustering Untuk Analisa Penjualan Komoditas Toko Tani Indonesia Article History ABSTRAK,” *Jurnal Riset Inovasi Bidang Informatika Dan Pendidikan Informatika (KERNEL)*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [11] D. Putri, A. Asih, B. Irawan, and A. Bahtiar, “PENGELOMPOKAN DATA TRANSAKSI DALAM MENENTUKAN STRATEGI PENJUALAN MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS,” 2024.
- [12] D. A. Saputra, E. T. Tosida, and F. Delli, “Penentuan Pola Sekuensial Data Transaksi Penjualan menggunakan Algoritma Sequential Pattren Discovery using Equivalent Classes (SPADE),” *KOMPUTASI (Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer dan Matematika)*, vol. 16, 2019, [Online]. Available: <https://journal.unpak.ac.id/index.php/komputasi> ■271
- [13] M. Benri, H. Metisen, and S. Latipa, “ANALISIS CLUSTERING MENGGUNAKAN METODE K-MEANS DALAM PENGELOMPOKKAN PENJUALAN PRODUK PADA SWALAYAN FADHILA,” 2015.
- [14] Y. S. Siregar and P. Harliana, “Analisis Perancangan Algoritma Fuzzy C-Means dalam Menentukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir,” *Jurnal & Penelitian Teknik Informatika*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [15] Y. Nataliani, “Klasterisasi kinerja karyawan menggunakan algoritma fuzzy c-means,” *AITI: Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 17, no. Agustus, pp. 118–129, 2020.
- [16] M. A. Tahir, “Pengembangan sistem informasi transaksi nasabah pada bank sampah kelurahan lemba kabupaten soppeng menggunakan metode system Development life cycle,” *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Teknik Informatika “JISTI”*, vol. 4, 2021.

- [17] H. Raihan Oktaviano, Y. Firmanto, and J. Akuntansi Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Brawijaya, "PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI ASET TETAP PEMERINTAH KABUPATEN X: SYSTEM DEVELOPMENT LIFE CYCLE (SDLC) TEKNIK WATERFALL."
- [18] A. Hendini, "PEMODELAN UML SISTEM INFORMASI MONITORING PENJUALAN DAN STOK BARANG (STUDI KASUS: DISTRO ZHEZHA PONTIANAK)," 2016.
- [19] H. Jogyanto, *Analisis dan Desain Sistem Informasi*. Andi Offset, 2001.

LAMPIRAN

Data Lakalantas Daerah Kabupaten Gorontalo 2020-2024

1. Tahun 2020

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Limboto	Dutulanaa	2020	2	2	0	0
Limboto	Kayubulan	2020	1	1	0	0
Limboto	Hutuo	2020	2	0	2	0
Limboto	Tilihuwa	2020	1	0	1	0
Limboto	Biyonga	2020	2	0	0	3
Limboto	Hunggaluwa	2020	1	0	0	1
Limboto	Hepuhulawa	2020	3	3	0	3
Limboto	Bolihuangga	2020	3	2	0	3
Limboto	Tenilo	2020	1	1	0	1
Limboto	Kayumerah	2020	3	1	0	4
Telaga Biru	Dumati	2020	3	0	0	6
Telaga Biru	Ulapato	2020	3	0	2	3
Telaga Biru	Timuato	2020	3	2	0	6
Telaga Biru	Talumelito	2020	2	1	0	4
Telaga Biru	Tuladenggi	2020	2	0	2	2
Telaga Biru	Pentadio Timur	2020	3	2	0	6
Telaga Biru	Pentadio Barat	2020	2	0	0	4
Telaga Biru	Lupoyo	2020	1	0	1	0
Telaga Biru	Payango	2020	1	0	0	4
Telaga Biru	Pantungo	2020	1	1	0	2
Telaga Biru	Balahu	2020	2	1	0	3
Telaga	Patungo	2020	1	1	0	2
Telaga	Hutudaa	2020	2	1	0	2
Telaga	Hulawa	2020	1	0	0	3
Telaga	Luhu	2020	2	1	1	5
Telaga	Mongolato	2020	2	0	2	2
Telaga	Pilohayanga	2020	3	0	1	2
Telaga	Tinelo	2020	1	1	0	1
Telaga	Bulila	2020	3	0	1	6
Pulubala	Bakti	2020	3	2	0	6
Pulubala	Pulubala	2020	1	0	1	2
Pulubala	Mulyonegoro	2020	1	0	0	2
Pulubala	Tridarma	2020	1	0	0	2

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Pulubala	Molamahu	2020	1	0	1	2
Pulubala	Pongongaila	2020	2	0	0	4
Pulubala	Bukit Aren	2020	2	0	0	2
Tibawa	Reksonegoro	2020	1	0	0	1
Tibawa	Isimu Selatan	2020	2	0	0	4
Tibawa	Iloponu	2020	2	0	0	3
Tibawa	Tolotio	2020	1	0	0	2
Tibawa	Botumoputi	2020	1	0	0	2
Tibawa	Isimu Raya	2020	1	0	0	2
Tibawa	Balahu	2020	1	0	0	2
Tibawa	Labanu	2020	2	0	0	4
Tibawa	Buhu	2020	0	0	0	0
Tibawa	Datahu	2020	1	0	0	2
Tabongo	Moahudu	2020	0	0	0	0
Tabongo	Tabongo Barat	2020	1	0	0	1
Tabongo	Tabongo Timur	2020	1	0	0	1
Tabongo	Ilomangga	2020	0	0	0	0
Limbar	Huidu	2020	2	0	0	3
Limbar	Ombulo	2020	0	0	0	0
Limbar	Hutabohu	2020	2	0	0	6
Limbar	Tunggulo	2020	1	0	0	2
Limbar	Haya-Haya	2020	0	0	0	1
Limbar	Pone	2020	1	0	0	2
Limbar	Yosonegro	2020	0	0	0	0
Limbar	Padengo	2020	0	0	0	0
Tilango	Ilotidea	2020	0	0	0	1
Tilango	Tinelo	2020	2	0	0	4
Tilango	Tenggela	2020	1	0	0	2
Tilango	Lawono	2020	2	0	0	4
Tilango	Tilote	2020	1	0	0	2
Bilato	Lamahu	2020	2	0	0	3
Bilato	Suka Damai	2020	0	0	0	0
Batudaa	Iluta	2020	2	0	0	2
Batudaa	Payunga	2020	1	0	0	2
Batudaa	Biluhu	2020	2	0	0	3
Batudaa	Bua	2020	0	0	0	0
Batudaa	Pilobuhuta	2020	2	0	0	3

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Bongomeme	Pilolalenga	2020	2	0	0	3
Bongomeme	Otopade	2020	1	0	0	1
Tolangohula	Molohu	2020	1	0	0	2
Tolangohula	Sidoharjo	2020	2	0	0	2
Tolangohula	Margomulyo	2020	0	0	0	0
Dungaliyo	Dungaliyo	2020	0	0	0	0
Dungaliyo	Pangadaa	2020	0	0	0	0
Dungaliyo	Botuboluwe	2020	2	0	0	3
Dungaliyo	Duwanga	2020	0	0	0	0
Dungaliyo	Bongomeme	2020	1	0	0	2
Asparaga	Bululi	2020	2	0	0	3
Asparaga	Tiohu	2020	2	0	0	4
Asparaga	Karya Baru	2020	1	0	0	2
Boliyohuto	Parungi	2020	1	0	0	1
Boliyohuto	Diloniyohu	2020	1	0	0	1
Mootilango	Sidomukti	2020	1	0	0	1
Mootilango	Paris	2020	0	0	0	0
Batudaa Pantai	Biluhu Timur	2020	1	0	0	1
Batudaa Pantai	Olimo'o	2020	0	0	0	0

2. Tahun 2021

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Limboto	Dutulanaa	2021	1	0	0	2
Limboto	Kayubulan	2021	2	0	0	2
Limboto	Hutuo	2021	2	2	0	4
Limboto	Tilihuwa	2021	2	0	2	3
Limboto	Biyonga	2021	2	0	0	2
Limboto	Hunggaluwa	2021	2	0	0	4
Limboto	Hepuhulawa	2021	2	2	0	4
Limboto	Bolihuangga	2021	2	0	2	4
Limboto	Tenilo	2021	1	1	0	1
Limboto	Kayumerah	2021	1	1	0	0
Telaga Biru	Dumati	2021	3	3	0	2
Telaga Biru	Ulapato	2021	2	0	0	3
Telaga Biru	Timuato	2021	1	0	0	2
Telaga Biru	Talumelito	2021	1	0	1	1

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Telaga Biru	Tuladenggi	2021	1	1	0	2
Telaga Biru	Pentadio Timur	2021	3	3	0	3
Telaga Biru	Pentadio Barat	2021	2	0	2	2
Telaga Biru	Lupoyo	2021	1	1	0	2
Telaga Biru	Payango	2021	1	0	0	1
Telaga Biru	Pantungo	2021	2	1	0	2
Telaga Biru	Balahu	2021	1	0	1	1
Telaga	Patungo	2021	1	1	0	0
Telaga	Hutudaa	2021	3	2	1	1
Telaga	Hulawa	2021	1	1	0	2
Telaga	Luhu	2021	2	2	0	4
Telaga	Mongolato	2021	1	0	0	2
Telaga	Pilohayanga	2021	2	1	1	4
Telaga	Tinelo	2021	3	1	2	2
Telaga	Bulila	2021	4	0	1	3
Pulubala	Bakti	2021	3	2	1	2
Pulubala	Pulubala	2021	4	0	1	7
Pulubala	Mulyonegoro	2021	3	2	0	6
Pulubala	Tridarma	2021	2	1	1	3
Pulubala	Molamahu	2021	1	0	1	0
Pulubala	Pongongaila	2021	3	1	2	4
Pulubala	Bukit Aren	2021	3	1	2	4
Tibawa	Reksonegoro	2021	2	0	2	3
Tibawa	Isimu Selatan	2021	4	0	1	4
Tibawa	Iloponu	2021	4	0	3	2
Tibawa	Tolotio	2021	2	0	0	2
Tibawa	Botumoputi	2021	3	0	2	5
Tibawa	Isimu Raya	2021	2	0	0	3
Tibawa	Balahu	2021	1	0	0	1
Tibawa	Labanu	2021	0	0	0	0
Tibawa	Buhu	2021	1	0	0	2
Tibawa	Datahu	2021	1	0	0	1
Tabongo	Moahudu	2021	2	0	0	3
Tabongo	Tabongo Barat	2021	2	0	0	4
Tabongo	Tabongo Timur	2021	0	0	0	0

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Tabongo	Ilomangga	2021	1	0	0	1
Limbar	Huidu	2021	0	0	0	0
Limbar	Ombulo	2021	0	0	0	0
Limbar	Hutabohu	2021	2	0	0	2
Limbar	Tunggulo	2021	2	0	0	2
Limbar	Haya-Haya	2021	2	0	0	3
Limbar	Pone	2021	1	0	0	1
Limbar	Yosonegro	2021	1	0	0	2
Limbar	Padengo	2021	1	0	0	1
Tilango	Ilotidea	2021	1	0	0	2
Tilango	Tinelo	2021	3	0	0	3
Tilango	Tenggela	2021	2	0	0	2
Tilango	Lawono	2021	0	0	0	0
Tilango	Tilote	2021	2	0	0	2
Bilato	Lamahu	2021	0	0	0	0
Bilato	Suka Damai	2021	1	0	0	2
Batudaa	Iluta	2021	0	0	0	0
Batudaa	Payunga	2021	3	0	0	4
Batudaa	Biluhu	2021	2	0	0	4
Batudaa	Bua	2021	2	0	0	3
Batudaa	Pilobuhuta	2021	1	0	0	1
Bongomeme	Pilolalenga	2021	1	0	0	2
Bongomeme	Otopade	2021	1	0	0	2
Tolangohula	Molohu	2021	2	0	0	4
Tolangohula	Sidoharjo	2021	2	0	0	2
Tolangohula	Margomulyo	2021	2	0	0	4
Dungaliyo	Dungaliyo	2021	0	0	0	0
Dungaliyo	Pangadaa	2021	1	0	0	2
Dungaliyo	Botuboluwe	2021	3	0	0	1
Dungaliyo	Duwanga	2021	1	0	0	0
Dungaliyo	Bongomeme	2021	2	0	0	0
Asparaga	Bululi	2021	2	0	0	0
Asparaga	Tiohu	2021	0	0	0	0
Asparaga	Karya Baru	2021	2	0	0	0
Boliyohuto	Parungi	2021	3	0	0	0
Boliyohuto	Diloniyohu	2021	0	0	0	0
Mootilango	Sidomukti	2021	2	0	0	0
Mootilango	Paris	2021	2	0	0	0

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Batudaa Pantai	Biluhu Timur	2021	0	0	0	0
Batudaa Pantai	Olimo'o	2021	1	0	0	0

3. Tahun 2022

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Limboto	Dutulanaa	2022	3	0	0	5
Limboto	Kayubulan	2022	3	1	0	3
Limboto	Hutuo	2022	1	0	0	2
Limboto	Tilihuwa	2022	1	0	0	1
Limboto	Biyonga	2022	1	0	0	1
Limboto	Hunggaluwa	2022	2	2	0	4
Limboto	Hepuhulawa	2022	4	3	0	8
Limboto	Bolihuangga	2022	2	2	0	0
Limboto	Tenilo	2022	2	0	2	3
Limboto	Kayumerah	2022	1	1	0	0
Telaga Biru	Dumati	2022	3	1	1	1
Telaga Biru	Ulapato	2022	2	0	1	1
Telaga Biru	Timuato	2022	3	2	1	4
Telaga Biru	Talumelito	2022	1	1	0	2
Telaga Biru	Tuladenggi	2022	1	1	0	1
Telaga Biru	Pentadio Timur	2022	3	0	2	6
Telaga Biru	Pentadio Barat	2022	4	4	0	3
Telaga Biru	Lupoyo	2022	2	2	0	0
Telaga Biru	Payango	2022	2	2	0	2
Telaga Biru	Pantungo	2022	4	0	1	3
Telaga Biru	Balahu	2022	3	3	0	3
Telaga	Patungo	2022	1	1	0	1
Telaga	Hutudaa	2022	2	1	0	3
Telaga	Hulawa	2022	2	2	0	4
Telaga	Luhu	2022	1	0	0	1
Telaga	Mongolato	2022	4	3	1	4

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Telaga	Pilohayanga	2022	2	2	0	2
Telaga	Tinelo	2022	3	0	1	2
Telaga	Bulila	2022	3	2	1	2
Pulubala	Bakti	2022	2	0	0	4
Pulubala	Pulubala	2022	4	2	0	7
Pulubala	Mulyonegoro	2022	2	1	1	3
Pulubala	Tridarma	2022	1	0	1	0
Pulubala	Molamahu	2022	2	0	0	4
Pulubala	Pongongaila	2022	2	2	0	4
Pulubala	Bukit Aren	2022	1	1	0	1
Tibawa	Reksonegoro	2022	3	1	0	6
Tibawa	Isimu Selatan	2022	4	3	0	1
Tibawa	Iloponu	2022	2	0	0	4
Tibawa	Tolotio	2022	2	0	0	3
Tibawa	Botumoputi	2022	2	2	0	3
Tibawa	Isimu Raya	2022	3	3	0	4
Tibawa	Balahu	2022	3	1	0	2
Tibawa	Labanu	2022	3	0	0	5
Tibawa	Buhu	2022	1	0	0	2
Tibawa	Datahu	2022	3	0	0	3
Tabongo	Moahudu	2022	1	0	0	1
Tabongo	Tabongo Barat	2022	1	0	0	1
Tabongo	Tabongo Timur	2022	3	0	0	3
Tabongo	Ilomangga	2022	2	0	0	3
Limbar	Huidu	2022	1	0	0	2
Limbar	Ombulo	2022	1	0	0	1
Limbar	Hutabohu	2022	2	0	0	2
Limbar	Tunggulo	2022	2	0	0	3
Limbar	Haya-Haya	2022	1	0	0	1
Limbar	Pone	2022	1	0	0	2
Limbar	Yosonegro	2022	1	0	0	1
Limbar	Padengo	2022	0	0	0	0
Tilango	Ilotidea	2022	2	0	0	3
Tilango	Tinelo	2022	1	0	0	1
Tilango	Tenggela	2022	2	0	0	2
Tilango	Lawono	2022	0	0	0	0
Tilango	Tilote	2022	1	0	0	1

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Bilato	Lamahu	2022	2	0	0	3
Bilato	Suka Damai	2022	3	0	0	5
Batudaa	Iluta	2022	1	0	0	1
Batudaa	Payunga	2022	0	0	0	0
Batudaa	Biluhu	2022	1	0	0	1
Batudaa	Bua	2022	1	0	0	2
Batudaa	Pilobuhuta	2022	1	0	0	2
Bongomeme	Pilolalenga	2022	3	0	0	3
Bongomeme	Otopade	2022	0	0	0	0
Tolangohula	Molohu	2022	0	0	0	0
Tolangohula	Sidoharjo	2022	1	0	0	2
Tolangohula	Margomulyo	2022	3	0	0	6
Dungaliyo	Dungaliyo	2022	2	0	0	1
Dungaliyo	Pangadaa	2022	1	0	0	0
Dungaliyo	Botuboluwe	2022	2	0	0	0
Dungaliyo	Duwanga	2022	2	0	0	0
Dungaliyo	Bongomeme	2022	2	0	0	0
Asparaga	Bululi	2022	3	0	0	0
Asparaga	Tiohu	2022	1	0	0	0
Asparaga	Karya Baru	2022	1	0	0	0
Boliyohuto	Parungi	2022	3	0	0	0
Boliyohuto	Diloniyohu	2022	1	0	0	0
Mootilango	Sidomukti	2022	1	0	0	0
Mootilango	Paris	2022	0	0	0	0
Batudaa Pantai	Biluhu Timur	2022	2	0	0	0
Batudaa Pantai	Olimo'o	2022	3	0	0	0

4. Tahun 2023

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Limboto	Dutulanaa	2023	3	0	0	6
Limboto	Kayubulan	2023	8	3	1	6
Limboto	Hutuo	2023	6	5	0	11
Limboto	Tilihuwa	2023	1	0	1	0
Limboto	Biyonga	2023	2	0	0	2
Limboto	Hunggaluwa	2023	7	3	4	10
Limboto	Hepuhulawa	2023	5	0	4	4

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Limboto	Bolihuangga	2023	2	2	0	1
Limboto	Tenilo	2023	1	1	0	0
Limboto	Kayumerah	2023	1	0	1	1
Telaga Biru	Dumati	2023	2	1	0	2
Telaga Biru	Ulapato	2023	9	5	0	5
Telaga Biru	Timuato	2023	4	3	0	6
Telaga Biru	Talumelito	2023	1	1	0	0
Telaga Biru	Tuladenggi	2023	5	5	0	8
Telaga Biru	Pentadio Timur	2023	6	0	3	4
Telaga Biru	Pentadio Barat	2023	4	3	1	5
Telaga Biru	Lupoyo	2023	1	0	0	2
Telaga Biru	Payango	2023	1	0	1	0
Telaga Biru	Pantungo	2023	4	0	0	7
Telaga Biru	Balahu	2023	1	0	1	2
Telaga	Patungo	2023	2	0	0	3
Telaga	Hutudaa	2023	1	0	0	2
Telaga	Hulawa	2023	7	0	2	13
Telaga	Luhu	2023	7	0	2	12
Telaga	Mongolato	2023	5	0	1	9
Telaga	Pilohayanga	2023	2	0	0	2
Telaga	Bulila	2023	0	0	0	0
Telaga	Tinelo	2023	2	0	0	3
Pulubala	Bakti	2023	3	0	0	4
Pulubala	Pulubala	2023	4	0	0	5
Pulubala	Mulyonegoro	2023	2	0	0	3
Pulubala	Tridarma	2023	3	0	0	5
Pulubala	Molamahu	2023	2	0	0	4
Pulubala	Pongongaila	2023	2	0	0	3
Pulubala	Bukit Aren	2023	1	0	0	2
Tibawa	Reksonegoro	2023	1	0	0	2
Tibawa	Isimu Selatan	2023	3	0	0	3
Tibawa	Iloponu	2023	5	0	0	6
Tibawa	Tolotio	2023	1	0	0	3
Tibawa	Botumoputi	2023	2	0	0	3
Tibawa	Isimu Raya	2023	1	0	0	1
Tibawa	Balahu	2023	2	0	0	3
Tibawa	Labanu	2023	2	0	0	2

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Tibawa	Buhu	2023	3	0	0	4
Tibawa	Datahu	2023	1	0	0	2
Tabongo	Moahudu	2023	1	0	0	3
Tabongo	Tabongo Barat	2023	1	0	0	2
Tabongo	Tabongo Timur	2023	1	0	0	3
Tabongo	Ilomangga	2023	1	0	0	1
Limbar	Huidu	2023	2	0	0	2
Limbar	Ombulo	2023	7	0	0	8
Limbar	Hutabohu	2023	1	0	0	3
Limbar	Tunggulo	2023	2	0	0	2
Limbar	Haya-Haya	2023	2	0	0	4
Limbar	Pone	2023	3	0	0	6
Limbar	Yosonegro	2023	5	0	0	10
Limbar	Padengo	2023	4	0	0	7
Tilango	Ilotidea	2023	2	0	0	3
Tilango	Tinelo	2023	0	0	0	0
Tilango	Tenggela	2023	1	0	0	1
Tilango	Lawono	2023	1	0	0	1
Tilango	Tilote	2023	1	0	0	3
Bilato	Lamahu	2023	2	0	0	2
Bilato	Suka Damai	2023	2	0	0	2
Batudaa	Iluta	2023	2	0	0	4
Batudaa	Payunga	2023	1	0	0	2
Batudaa	Biluhu	2023	2	0	0	2
Batudaa	Bua	2023	1	0	0	3
Batudaa	Pilobuhuta	2023	1	0	0	1
Bongomeme	Pilolalenga	2023	1	0	0	2
Bongomeme	Otopade	2023	1	0	0	2
Tolangohula	Molohu	2023	1	0	0	1
Tolangohula	Sidoharjo	2023	1	0	0	1
Tolangohula	Margomulyo	2023	1	0	0	1
Dungaliyo	Dungaliyo	2023	1	0	0	2
Dungaliyo	Pangadaa	2023	1	0	0	3
Dungaliyo	Botuboluwe	2023	1	0	0	2
Dungaliyo	Duwanga	2023	1	0	0	1
Dungaliyo	Bongomeme	2023	1	0	0	1
Asparaga	Bululi	2023	1	0	0	2
Asparaga	Tiohu	2023	1	0	0	1

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Asparaga	Karya Baru	2023	1	0	0	1
Boliyohuto	Parungi	2023	2	0	0	3
Boliyohuto	Diloniyohu	2023	2	0	0	4
Mootilango	Sidomukti	2023	1	0	0	1
Mootilango	Paris	2023	3	0	0	3
Batudaa Pantai	Biluhu Timur	2023	1	0	0	1
Batudaa Pantai	Olimo'o	2023	1	0	0	1

Tahun 2024

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Limboto	Dutulanaa	2024	1	0	0	2
Limboto	Kayubulan	2024	5	1	1	5
Limboto	Hutuo	2024	2	2	0	4
Limboto	Tilihuwa	2024	0	0	0	0
Limboto	Biyonga	2024	0	0	0	0
Limboto	Hunggaluwa	2024	3	1	2	4
Limboto	Hepuhulawa	2024	0	0	0	0
Limboto	Bolihuangga	2024	1	0	1	2
Limboto	Tenilo	2024	2	1	0	2
Limboto	Kayumerah	2024	0	0	0	0
Telaga Biru	Dumati	2024	2	0	0	3
Telaga Biru	Ulapato	2024	2	0	0	3
Telaga Biru	Timuato	2024	1	0	1	1
Telaga Biru	Talumelito	2024	0	0	0	0
Telaga Biru	Tuladenggi	2024	2	2	0	3
Telaga Biru	Pentadio Timur	2024	4	0	4	4
Telaga Biru	Pentadio Barat	2024	1	1	0	2
Telaga Biru	Lupoyo	2024	0	0	0	1
Telaga Biru	Payango	2024	0	0	0	0
Telaga Biru	Pantungo	2024	4	0	3	5
Telaga Biru	Balahu	2024	2	1	1	1
Telaga	Patungo	2024	1	1	0	0
Telaga	Hutudaa	2024	0	0	0	0
Telaga	Hulawa	2024	1	0	0	2

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Telaga	Luhu	2024	4	3	1	8
Telaga	Mongolato	2024	0	0	0	1
Telaga	Pilohayanga	2024	3	1	0	4
Telaga	Tinelo	2024	0	0	0	0
Telaga	Bulila	2024	2	0	2	2
Pulubala	Bakti	2024	0	0	0	0
Pulubala	Pulubala	2024	1	1	0	1
Pulubala	Mulyonegoro	2024	1	0	0	2
Pulubala	Tridarma	2024	1	1	0	1
Pulubala	Molamahu	2024	1	0	0	2
Pulubala	Pongongaila	2024	3	0	0	3
Pulubala	Bukit Aren	2024	1	0	0	2
Tibawa	Reksonegoro	2024	0	0	0	0
Tibawa	Isimu Selatan	2024	0	0	0	1
Tibawa	Iloponu	2024	3	0	2	6
Tibawa	Tolotio	2024	1	1	0	1
Tibawa	Botumoputi	2024	1	1	0	1
Tibawa	Isimu Raya	2024	1	0	1	2
Tibawa	Balahu	2024	2	0	2	0
Tibawa	Labanu	2024	2	2	0	4
Tibawa	Buhu	2024	2	2	0	2
Tibawa	Datahu	2024	2	1	0	1
Tabongo	Moahudu	2024	1	1	0	0
Tabongo	Tabongo Barat	2024	2	0	1	3
Tabongo	Tabongo Timur	2024	1	0	0	1
Tabongo	Ilomangga	2024	1	0	0	2
Limbar	Huidu	2024	2	0	2	1
Limbar	Ombulo	2024	1	0	1	2
Limbar	Hutabohu	2024	0	0	0	0
Limbar	Tunggulo	2024	4	1	1	7
Limbar	Haya-Haya	2024	2	0	1	3
Limbar	Pone	2024	2	0	2	3
Limbar	Yosonegro	2024	3	0	0	4
Limbar	Padengo	2024	6	0	0	6
Tilango	Ilotidea	2024	0	0	0	0
Tilango	Tinelo	2024	3	0	0	4
Tilango	Tenggela	2024	1	0	0	2

Kecamatan	Kelurahan /Desa	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Tilango	Lawono	2024	0	0	0	0
Tilango	Tilote	2024	0	0	0	0
Bilato	Lamahu	2024	2	0	0	4
Bilato	Suka Damai	2024	1	0	0	2
Batudaa	Iluta	2024	3	0	0	3
Batudaa	Payunga	2024	0	0	0	0
Batudaa	Biluhu	2024	0	0	0	0
Batudaa	Bua	2024	0	0	0	0
Batudaa	Pilobuhuta	2024	0	0	0	0
Bongomeme	Pilolalenga	2024	0	0	0	0
Bongomeme	Otopade	2024	1	0	0	2
Tolangohula	Molohu	2024	2	0	0	3
Tolangohula	Sidoharjo	2024	1	0	0	2
Tolangohula	Margomulyo	2024	3	0	0	3
Dungaliyo	Dungaliyo	2024	1	0	0	1
Dungaliyo	Pangadaa	2024	1	0	0	2
Dungaliyo	Botuboluwe	2024	1	0	0	1
Dungaliyo	Duwanga	2024	1	0	0	1
Dungaliyo	Bongomeme	2024	2	0	0	3
Asparaga	Bululi	2024	0	0	0	0
Asparaga	Tiohu	2024	1	0	0	2
Asparaga	Karya Baru	2024	0	0	0	0
Boliyohuto	Parungi	2024	1	0	0	1
Boliyohuto	Diloniyohu	2024	0	0	0	0
Mootilango	Sidomukti	2024	1	0	0	1
Mootilango	Paris	2024	3	0	0	6
Batudaa Pantai	Biluhu Timur	2024	0	0	0	0
Batudaa Pantai	Olimo'o	2024	0	0	0	0

Potongan kode program

a. Function Proses Perhitungan Fuzzy C-Means dan Perhitungan Silhoutte Index

```
if (!function_exists('hitungFcm')) {
    function hitungFcm($dataSet, $clusterCount, $maxIter, $m,
    $epsilon)
    {
        $n = count($dataSet); // Jumlah data

        $attributes = array_keys($dataSet[0]);
        if (($key = array_search('kelurahan', $attributes)) !==
false) {
            unset($attributes[$key]);
        }
        $attrCount = count($attributes);

        // Inisialisasi matriks partisi U secara random
        $U = [];
        for ($i = 0; $i < $n; $i++) {
            $sumRandom = 0;
            $tempRow = [];
            for ($j = 0; $j < $clusterCount; $j++) {
                $tempRow[$j] = mt_rand(1, 100) / 100;
                $sumRandom += $tempRow[$j];
            }

            for ($j = 0; $j < $clusterCount; $j++) {
                $U[$i][$j] = $tempRow[$j] / $sumRandom;
            }
        }
        $iter = 0;
        $error = 1;
        while ($error > $epsilon && $iter < $maxIter) {
            $U_old = $U;
            $V = [];
            for ($j = 0; $j < $clusterCount; $j++) {
                $numerator = array_fill_keys($attributes, 0);
                $denominator = 0;

                for ($i = 0; $i < $n; $i++) {
                    $u_ij_powered = pow($U[$i][$j], $m);
                    $denominator += $u_ij_powered;
```

```

        foreach ($attributes as $attr) {
            $numerator[$attr] += $u_ij_powered *
floatval($dataSet[$i][$attr]);
        }
    }
    foreach ($attributes as $attr) {
        $V[$j][$attr] = $numerator[$attr] /
$denominator;
    }
}

for ($i = 0; $i < $n; $i++) {
    for ($j = 0; $j < $clusterCount; $j++) {
        $sum = 0;
        $d_ij = 0;

        foreach ($attributes as $attr) {
            $d_ij += pow(floatval($dataSet[$i][$attr]) -
$V[$j][$attr], 2);
        }
        $d_ij = sqrt($d_ij);

        if ($d_ij > 0) {
            for ($k = 0; $k < $clusterCount; $k++) {
                $d_ik = 0;
                foreach ($attributes as $attr) {
                    $d_ik +=
pow(floatval($dataSet[$i][$attr]) - $V[$k][$attr], 2);
                }
                $d_ik = sqrt($d_ik);

                $sum += pow($d_ij / $d_ik, 2 / ($m -
1));
            }
            $U[$i][$j] = 1 / $sum;
        } else {
            for ($k = 0; $k < $clusterCount; $k++) {
                $U[$i][$k] = ($k == $j) ? 1 : 0;
            }
        }
    }
}

$error = 0;

```

```

        for ($i = 0; $i < $n; $i++) {
            for ($j = 0; $j < $clusterCount; $j++) {
                $error += abs($U[$i][$j] - $U_old[$i][$j]);
            }
        }

        $iter++;
    }

    $clusters = [];
    for ($i = 0; $i < $n; $i++) {
        $maxU = max($U[$i]);
        $clusters[$i] = array_search($maxU, $U[$i]);
    }

    // Hitung silhouette score
    $distanceMatrix = [];
    for ($i = 0; $i < $n; $i++) {
        for ($j = 0; $j < $n; $j++) {
            $dist = 0;
            foreach ($attributes as $attr) {
                $dist += pow(floatval($dataset[$i][$attr]) -
floatval($dataset[$j][$attr]), 2);
            }
            $distanceMatrix[$i][$j] = sqrt($dist);
        }
    }

    $silhouetteScores = [];
    for ($i = 0; $i < $n; $i++) {
        $ownCluster = $clusters[$i];
        $a = 0.0;
        $b = PHP_FLOAT_MAX;
        $sameClusterCount = 0;

        for ($j = 0; $j < $n; $j++) {
            if ($i == $j) continue;

            if ($clusters[$j] == $ownCluster) {
                $a += $distanceMatrix[$i][$j];
                $sameClusterCount++;
            }
        }
    }

```

```

0;

    $a = ($sameClusterCount > 0) ? $a / $sameClusterCount :

// Hitung rata-rata jarak ke semua cluster lain
for ($c = 0; $c < $clusterCount; $c++) {
    if ($c == $ownCluster) continue;

    $b_temp = 0.0;
    $b_count = 0;

    for ($j = 0; $j < $n; $j++) {
        if ($clusters[$j] == $c) {
            $b_temp += $distanceMatrix[$i][$j];
            $b_count++;
        }
    }

    if ($b_count > 0) {
        $b_avg = $b_temp / $b_count;
        if ($b_avg < $b) {
            $b = $b_avg;
        }
    }
}

$s = 0;
if (max($a, $b) > 0) {
    $s = ($b - $a) / max($a, $b);
}
$silhouetteScores[] = $s;
}

$averageSilhouette = array_sum($silhouetteScores) /
count($silhouetteScores);

// Return lengkap dengan silhouette score
return [
    'cluster_centers' => $V,
    'membership_matrix' => $U,
    'clusters' => $clusters,
    'iterations' => $iter,
    'error' => $error,
    'silhouette_score' => $averageSilhouette
];
}

```



```

}

if (!function_exists('hitungFuzzySilhouetteIndex')) {
    /**
     * Hitung Fuzzy Silhouette Index dari hasil FCM
     *
     * @param array $dataSet Data asli, array of associative array
     * @param array $membershipMatrix Matriks keanggotaan U dari
    hasil FCM [n][c]
     * @param array $clusterCenters Pusat cluster dari hasil FCM
    [c][attributes]
     * @param float $m Parameter fuzziness
     * @return float Nilai fuzzy silhouette index (rata-rata s(i))
     */
    function hitungFuzzySilhouetteIndex($dataSet, $membershipMatrix,
    $clusterCenters, $m)
    {
        $n = count($dataSet);
        $c = count($clusterCenters);

        // Ambil atribut, hilangkan 'kelurahan' jika ada (sama
    seperti hitungFcm)
        $attributes = array_keys($dataSet[0]);
        if (($key = array_search('kelurahan', $attributes)) !==
    false) {
            unset($attributes[$key]);
            $attributes = array_values($attributes); // reset indeks
        }

        // Fungsi jarak Euclidean antar 2 data point (menggunakan
    atribut)
        $jarak = function ($point1, $point2) use ($attributes) {
            $sum = 0;
            foreach ($attributes as $attr) {
                $sum += pow(floatval($point1[$attr]) -
    floatval($point2[$attr]), 2);
            }
            return sqrt($sum);
        };

        // Fungsi jarak rata-rata ke cluster k dengan bobot fuzzy
    (membership^m)
        $rataJarakCluster = function ($i, $k) use ($dataSet,
    $membershipMatrix, $m, $jarak, $n) {
            $num = 0;

```

```

        $den = 0;
        for ($j = 0; $j < $n; $j++) {
            $weight = pow($membershipMatrix[$j][$k], $m);
            $num += $weight * $jarak($dataSet[$i],
$dataSet[$j]);
            $den += $weight;
        }
        return ($den == 0) ? 0 : ($num / $den);
    };

    $s_i = [];

    for ($i = 0; $i < $n; $i++) {
        // Tentukan cluster dominan k* untuk data i
        $maxMembership = max($membershipMatrix[$i]);
        $k_star = array_search($maxMembership,
$membershipMatrix[$i]);

        // a(i): jarak rata-rata ke cluster dominan
        $a_i = $rataJarakCluster($i, $k_star);

        // b(i): jarak rata-rata cluster terdekat selain cluster
dominan
        $b_i = INF;
        for ($k = 0; $k < $c; $k++) {
            if ($k == $k_star) continue;
            $dist = $rataJarakCluster($i, $k);
            if ($dist < $b_i) {
                $b_i = $dist;
            }
        }

        // Hitung s(i)
        if (max($a_i, $b_i) == 0) {
            $s_i[$i] = 0; // untuk menghindari pembagian 0
        } else {
            $s_i[$i] = ($b_i - $a_i) / max($a_i, $b_i);
        }
    }

    // Rata-rata nilai silhouette untuk semua data
    $fuzzySilhouetteIndex = array_sum($s_i) / $n;
    return $fuzzySilhouetteIndex;
}
}

```

b. Potongan Kode Controller

```
public function prosesFCM()
{
    $request = \Config\Services::request();

    if ($request->isAJAX()) {
        $accidentModel = new Accident();

        $year = $this->request->getVar('tahun_data');
        $clusterCount = (int)$this->request-
>getVar('jumlah_cluster');
        $m = (float)$this->request->getVar('m');
        $epsilon = (float)$this->request->getVar('epsilon');
        $maxIter = (int)$this->request->getVar('max_iter');

        if ($year == 'all') {
            $data = $accidentModel
                ->select('kecamatan, kelurahan, SUM(jumlah_laka)
as jumlah_laka, SUM(meninggal_dunia) as meninggal_dunia,
SUM(luka_berat) as luka_berat, SUM(luka_ringan) as luka_ringan')
                ->groupBy('kelurahan,kecamatan')
                ->orderBy('meninggal_dunia', 'ASC')
                ->findAll();
        } else {
            $data = $accidentModel
                ->where('tahun', $year)
                ->findAll();
        }

        $dataSet = [];
        foreach ($data as $row) {
            $dataSet[] = [
                'kelurahan' => $row['kelurahan'],
                'jumlah_laka' => $row['jumlah_laka'],
                'meninggal_dunia' => $row['meninggal_dunia'],
                'luka_berat' => $row['luka_berat'],
                'luka_ringan' => $row['luka_ringan'],
            ];
        }

        $result = hitungFcm($dataSet, $clusterCount, $maxIter,
$m, $epsilon);
    }
}
```

```

        // Hitung Fuzzy Silhouette Index (pakai fungsi yang
        sudah dibuat sebelumnya)
        $silhouetteScore = hitungFuzzySilhouetteIndex(
            $dataSet,
            $result['membership_matrix'],
            $result['cluster_centers'],
            $m
        );

        // Ambil hasil clustering
        $clusters = $result['clusters'];
        $clusterCenters = $result['cluster_centers'];
        $iterasi = $result['iterations'];
        $error = $result['error'];

        // Hitung jumlah data per cluster
        $clusterCounts = array_count_values($clusters);

        // Hitung rata-rata kecelakaan per cluster
        $clusterData = [];
        foreach ($clusters as $index => $cluster) {
            $clusterData[$cluster][0] = [
                'jumlah_laka' =>
                $dataSet[$index]['jumlah_laka'],
                'meninggal_dunia' =>
                $dataSet[$index]['meninggal_dunia'],
                'luka_berat' => $dataSet[$index]['luka_berat'],
                'luka_ringan' =>
                $dataSet[$index]['luka_ringan'],
            ];
        }

        $clusterAverages = [];
        foreach ($clusterData as $cluster => $values) {
            $totalData = count($values);
            $sumLaka = array_sum(array_column($values,
                'jumlah_laka'));
            $sumMeninggal = array_sum(array_column($values,
                'meninggal_dunia'));
            $sumLukaBerat = array_sum(array_column($values,
                'luka_berat'));
            $sumLukaRingan = array_sum(array_column($values,
                'luka_ringan'));

            $clusterAverages[$cluster] = [

```



```

        'avg_luka' => $sumLuka / $totalData,
        'avg_meninggal' => $sumMeninggal / $totalData,
        'avg_luka_berat' => $sumLukaBerat / $totalData,
        'avg_luka_ringan' => $sumLukaRingan /
$totalData,
    ];
}

uasort($clusterAverages, function ($a, $b) {
    return ($b['avg_luka'] + $b['avg_meninggal'] +
$b['avg_luka_berat']) <=>
        ($a['avg_luka'] + $a['avg_meninggal'] +
$a['avg_luka_berat']));
});

// Tetapkan label dinamis berdasarkan urutan
if ($clusterCount == 3) {
    $sortedClusters = array_keys($clusterAverages);
    $cluster_labels = [
        $sortedClusters[0] => "Rawan",
        $sortedClusters[1] => "Cukup Rawan",
        $sortedClusters[2] => "Aman",
    ];
} else {
    $sortedClusters = array_keys($clusterAverages);
    $cluster_labels = [
        $sortedClusters[0] => "Rawan",
        $sortedClusters[1] => "Aman",
    ];
}

// Tampilkan hasil
$output = '<div class="row">';
$output .= '<div class="col-md-6">
<div class="card">
    <div class="card-header bg-primary text-white">
        <h5>Hasil Clustering FCM</h5>
    </div>
    <div class="card-body">
        <p><strong>Jumlah Iterasi:</strong> ' . $iterasi
. '</p>
        <p><strong>Error:</strong> ' .
number_format($error, 6) . '</p>
        <p><strong>Silhouette Score:</strong> ' .
number_format($silhouetteScore, 4) . '</p>

```



```

        <canvas id="clusterChart"></canvas>
    </div>
</div>
</div>';

$output .= '<div class="col-md-6">
<div class="table-responsive" style="max-height: 400px;
overflow-y: auto;">
<table class="table table-bordered table-hover">
<thead class="thead-dark">
<tr>
<th>Kelurahan</th>
<th>Cluster</th>
<th>Keterangan</th>
</tr>
</thead>
<tbody>';

foreach ($clusters as $index => $cluster) {
    $keterangan = $cluster_labels[$cluster] ?? "Tidak
Diketahui";

    $output .= '<tr>
<td>' . $dataSet[$index]['kelurahan'] . '</td>
<td class="text-center"><span class="badge bg-
info">Cluster ' . ($cluster + 1) . '</span></td>
<td class="text-center"><span class="badge bg-
warning">' . $keterangan . '</span></td>
</tr>';
}
$output .= '</tbody></table></div></div>';
$output .= '</div>'; // Menutup row

// Kirim data untuk chart
$chartData = [
    'labels' => array_keys($clusterCounts),
    'data' => array_values($clusterCounts),
];

return $this->response->setJSON(['html' => $output,
'chartData' => $chartData]);
}
}

```



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
LEMBAGA PENELITIAN

Jl. Achmad Nadjamuddin No 17, Kampus Unisan Gorontalo Lt. I Kota Gorontalo 96128
Website: lembitanisan.ac.id, Email: lembagapencelitian@unisan.ac.id

SURAT KETERANGAN

Nomor : 87/PIP/B.04/LP-UIG/2025

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Dr. Rahmisyari, ST., SE., MM
NIDN : 0929117202
Pangkat Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Ketua Lembaga Penelitian Universitas Ichsan Gorontalo

Menerangkan bahwa:

Nama : Fiqriawan
NIM : T3121091
Fakultas : Ilmu Komputer
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Penelitian : Penerapan metode fuzzy c-means untuk pemetaan daerah rawan kecelakaan di kabupaten gorontalo

Adalah benar telah melakukan pengambilan data penelitian dalam rangka Penyusunan Proposal/Skripsi pada Direktorat lalu lintas polda gorontalo.

Dikeluarkan di Gorontalo

Tanggal, 03/02/2025

Ketua Lembaga Penelitian



Dr. Rahmisyari, ST., SE., MM

NIDN: 0929117202



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UPT. PERPUSTAKAAN FAKULTAS
SK. MENDIKNAS RI NO. 84/D/0/2001

Jl. Achmad Nadjamuddin No.17 Telp(0435) 829975 Fax. (0435) 829976 Gorontalo

SURAT KETERANGAN BEBAS PUSTAKA

No : 006/Perpustakaan-Fikom/II/2025

Perpustakaan Fakultas Ilmu Komputer (FIKOM) Universitas Ichsan Gorontalo dengan ini menerangkan bahwa :

Nama Anggota : Fiqriawan
No. Induk : T3121091
No. Anggota : M20256

Terhitung mulai hari, tanggal : Sabtu, 22 Februari 2025, dinyatakan telah bebas pinjam buku dan koleksi perpustakaan lainnya.

Demikian keterangan ini di buat untuk di gunakan sebagaimana mestinya.



Gorontalo, 22 Februari 2025

**Mengetahui,
Kepala Perpustakaan**

Apriyanto Alhamad, M.Kom

NIDN : 0924048601



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
FAKULTAS ILMU KOMPUTER

SURAT KEPUTUSAN MENDIKNAS RI NOMOR 84/D/O/2001
Jl. Achmad Najamuddin No. 17 Telp. (0435) 829975 Fax (0435) 829976 Gorontalo

SURAT REKOMENDASI BEBAS PLAGIASI
No. 043/FIKOM-UIG/R/II/2025

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Irvan Abraham Salihi, M.Kom
NIDN : 0928028101
Jabatan : Dekan Fakultas Ilmu Komputer

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Fiqriawan
NIM : T3121091
Program Studi : Teknik Informatika (S1)
Fakultas : Fakultas Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Penerapan Metode Fuzzy C-Means Untuk
Pengelompokan Daerah Rawan Kecelakaan Lalu
Lintas Di Kabupaten Gorontalo

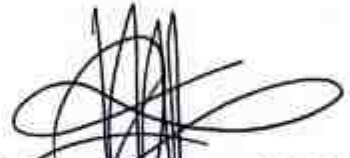
Sesuai hasil pengecekan tingkat kemiripan skripsi melalui aplikasi **Turnitin** untuk judul skripsi di atas diperoleh hasil *Similarity* sebesar **10%**, berdasarkan Peraturan Rektor No. 32 Tahun 2019 tentang Pendeteksian Plagiat pada Setiap Karya Ilmiah di Lingkungan Universitas Ichsan Gorontalo dan persyaratan pemberian surat rekomendasi verifikasi calon wisudawan dari LLDIKTI Wil. XVI, bahwa batas kemiripan skripsi maksimal 30%, untuk itu skripsi tersebut di atas dinyatakan **BEBAS PLAGIASI** dan layak untuk diujikan.

Demikian surat rekomendasi ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui
Dekan,

Irvan Abraham Salihi, M.Kom
NIDN. 0928028101

Gorontalo, 25 Februari 2025
Tim Verifikasi,


Zulfrianto Y. Lamasigi, M.Kom
NIDN. 0914089101

Terlampir :
Hasil Pengecekan Turnitin

Fikom01 Unisan

PENERAPAN METODE FUZZY C-MEANS UNTUK PENGELOMPOKAN DAERAH RAWAN KECELAKAAN LALU LINT...

 FAKULTAS ILMU KOMPUTER
 Fak. Ilmu Komputer
 LI, Dikti IX Turnitin Consortium

Document Details

Submission ID

trnoid::1:3165332758

Submission Date

Feb 25, 2025, 9:49 AM GMT+7

Download Date

Feb 25, 2025, 9:52 AM GMT+7

File Name

SKRIPSI_T3121091_FIQRIAWAN_fiqriawan36gmail.com.pdf

File Size

1.9 MB

146 Pages

37,181 Words

155,698 Characters

10% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

- 0%  Internet sources
- 7%  Publications
- 7%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

0%	Internet sources
7%	Publications
7%	Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Student papers	LL Dikti IX Turnitin Consortium	1%
2	Publication	Dorteus L. Rahakbauw, Lexy J. Sinay, Vilomina Enus. "APLIKASI METODE FUZZY C-...	1%
3	Publication	Mustafa Demirci. "On the representations of L-equivalence relations on L-fuzzy se...	<1%
4	Student papers	Universitas Lancang Kuning	<1%
5	Student papers	Universitas Maritim Raja Ali Haji	<1%
6	Student papers	Universitas Putera Batam	<1%
7	Publication	Ignatius Bagas Ristanto, Yustina Retno Wahyu Utami, Teguh Susyanto. "Penerap...	<1%
8	Student papers	Universitas Esa Unggul	<1%
9	Student papers	Universitas Muria Kudus	<1%
10	Student papers	Universitas Dian Nuswantoro	<1%
11	Student papers	Braintree High School	<1%

12	Student papers	Higher Education Commission Pakistan	<1%
13	Publication	Riszki Fadillah, Sarjon Defit, Sumijan. "Implementasi Data Mining untuk Pemeta...	<1%
14	Student papers	National Institute Of Technology, Tiruchirappalli	<1%
15	Publication	Irma Surya Kumala Idris, Yasin Arli Mustofa. "Typo Checking Menggunakan Algor...	<1%
16	Student papers	Unika Soegijapranata	<1%
17	Student papers	Universitas Diponegoro	<1%
18	Publication	Rachmad Deo Abdika. "PEMETAAN BIDANG KEILMUAN MAHASISWA DENGAN ME...	<1%
19	Student papers	Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia	<1%
20	Publication	Amiruddin Amiruddin. "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMBERIAN DANA PEN...	<1%
21	Publication	Penti Septian R.S, Penti Septian R.S, Yuza Reswan, Yovi Apridiansyah, Dandi Sunar...	<1%
22	Student papers	STIKOM Surabaya	<1%
23	Publication	Dorteus L. Rahakbauw, Venn Y. I. Ilwaru, M. H. Hahury. "IMPLEMENTASI FUZZY C...	<1%
24	Student papers	UIN Sultan Syarif Kasim Riau	<1%
25	Student papers	Universitas Negeri Semarang - iTh	<1%

26	Student papers	Universitas Sebelas Maret	<1%
27	Student papers	Konsorsium Perguruan Tinggi Swasta Indonesia II	<1%
28	Student papers	Universitas Bengkulu	<1%
29	Student papers	Politeknik Negeri Bandung	<1%
30	Student papers	Royal Australasian College of Physicians	<1%
31	Publication	Kamalina Rosyida Supriyanti, Bravina Aulia Damiri, Wulan Nur Ramadhan, "Peng...	<1%
32	Student papers	iGroup	<1%
33	Student papers	jefferson County School District No. R-1	<1%
34	Student papers	itera	<1%
35	Publication	Robbie Shugara, Ernawati Ernawati, Desi Andreswari, "IMPLEMENTASI ALGORITM...	<1%
36	Student papers	Universitas Muhammadiyah Sidoarjo	<1%
37	Publication	ASKIN SYAFIYAH SUHARDIN, DOMS UPUY, ARLENE HENNY HIARIEY, "PENERAPAN ...	<1%
38	Student papers	President University	<1%
39	Student papers	Sriwijaya University	<1%

40	Student papers	
Universitas Sumatera Utara		<1%
41	Student papers	
Universitas Brawijaya		<1%
42	Publication	
Alena Uperiati, Martaleli Bettiza, Atika Puspasari, "PERBANDINGAN METODE FUZ...		<1%
43	Student papers	
Universitas Islam Majapahit		<1%



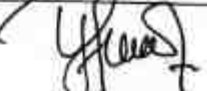
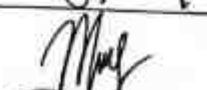
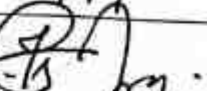
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
SK MENDIKNAS NOMOR 84/D/O/2001
JL. Achmad Nadjamuddin No. 17 Telp. (0435) 829975 Fax (0435) 829976 Gorontalo

Berita Acara Perbaikan/Revisi Ujian PROPOSAL

Pada hari ini, Rabu 16 Oktober 2024, Pukul 13.00-14.00 Wita. Telah dilaksanakan Ujian PROPOSAL mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Ichsan Gorontalo.

Nama : Fiqriawan
Nim : T3121091
Pembimbing I : Muis Nanja, M.Kom
Pembimbing II : Kartika Chandra Pelangi, M.Kom
Judul PROPOSAL : Penerapan Metode Fuzzy C-Means Untuk Pemetaan Daerah Rawan Kecelakaan Di Kabupaten Gorontalo

Oleh Komite Seminar sebagai berikut :

No	Komite Seminar	Status	Tanda Tangan
1	Haditsah Annur, M.Kom	Ketua	
2	Sudirman S. Panna, M.Kom	Anggota	
3	Yulianty Lasena, M.Kom	Anggota	
4	Muis Nanja, M.Kom	Anggota	
5	Kartika Chandra Pelangi, M.Kom	Anggota	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
SK MENDIKNAS NOMOR 84/D/O/2001

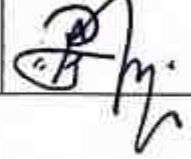
JL. Achmad Nadjamuddin No. 17 Telp. (0435) 829975 Fax (0435) 829976 Gorontalo

Berita Acara Perbaikan/Revisi Ujian SKRIPSI

Pada hari ini, Kamis 27 Februari 2025, Pukul 13.00-14.30 Wita. Telah dilaksanakan Ujian SKRIPSI mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Ichsan Gorontalo.

Nama : Fiqriawan
Nim : T3121091
Pembimbing I : Muis Nanja, M.Kom
Pembimbing II : Kartika Chandra Pelangi, M.Kom
Judul SKRIPSI : Penerapan Metode Fuzzy C-Means Untuk Pengelompokan Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Di Kabupaten Gorontalo

Oleh Komite Seminar sebagai berikut :

No	Komite Seminar	Status	Tanda Tangan
1	Haditsah Annur, M.Kom	Ketua	
2	Sudirman S. Panna, M.Kom	Anggota	
3	Yulianty Lasena, M.Kom	Anggota	
4	Muis Nanja, M.Kom	Anggota	
5	Kartika Chandra Pelangi, M.Kom	Anggota	

BIODATA MAHASISWA FIQRIAWAN
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

Nama : Fiqriawan
Tempat/Tgl lahir : Buol, 28 Juli 2003
Jenis Kelamin : Pria
Gol Darah : AB
Alamat : Jl. Pemuda
RT/RW : 000/000
Kel/Desa : Desa Tinelo
Kec : Tilango
Agama : Islam
Status Perkawinan : Belum Menikah
Pekerjaan : Mahasiswa
Kewarganegaraan : WNI
Riwayat Kependidikan :
TK : TK Uswatun Hasanah
SD : SDN 18 Biau
SMP : SMPN 1 Biau
SMA : SMKN 1 Biau
Perguruan Tinggi : Universitas Ichsan Gorontalo



