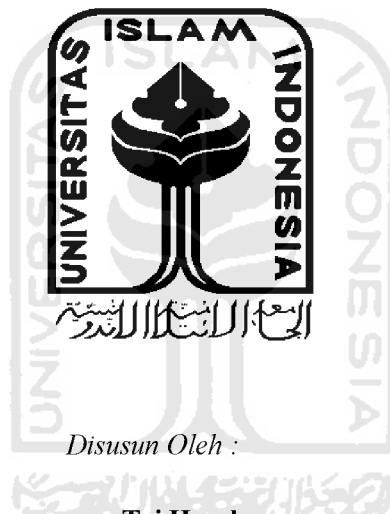


APLIKASI FUZZY C-MEANS UNTUK PENGELOMPOKAN DAN KLASIFIKASI KERUSAKAN JALAN

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk melaksanakan Tugas Akhir

Pada Jurusan Teknik Informatika



Nama : Tri Handoyo

No. Mahasiswa : 04 523 307

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2011



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

APLIKASI FUZZY C-MEANS UNTUK PENGELOMPOKAN DAN KLASIFIKASI
KERUSAKAN JALAN

TUGAS AKHIR



Oleh:

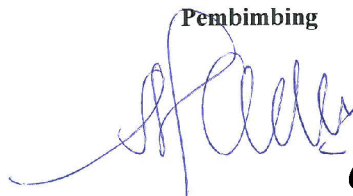
Nama : Tri Handoyo

No. Mahasiswa : 04 523 307



Yogyakarta, Juni 2011

Pembimbing



(Dr. Sri Kusumadewi, SSi, MT)



LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
APLIKASI FUZZY C-MEANS UNTUK PENGELOMPOKAN DAN KLASIFIKASI
KERUSAKAN JALAN

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : **Tri Handoyo**

No. Mahasiswa : **04 523 307**

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Juni 2011

Tim Penguji

Dr. Sri Kusumadewi, SSi, MT

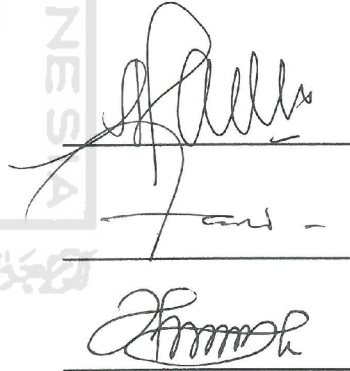
Ketua

Zainudin Zuhri, ST., M.IT.

Anggota I

Hendrik, ST., M.Eng.

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Universitas Islam Indonesia



(Yudi Prayudi, Ssi, M.Kom)



LEMBAR PERSAEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur

Kupersembahkan karyaku ini kepada

Allah, Tuhan Yang Maha Esa

Untuk semua anugerah dan karunia-Nya sampai detik ini

Thank you for blessing my roads

Ayahanda Parno dan Ibunda PoniyeM Selamat tercinta

Atas segenap kasih sayang, cinta dan dorongan semangat serta do'anya

Ambang ku Antok, Adik ku Arief, yang sangat aku sayangi

Dan selalu menyayangiku, membuat setiap hari ku menjadi sangat berharga

Teman-teman Kos yang sudah memberikan semangat



MOTTO

*"Jadikanlah Sabar dan Sholat Sebagai Penolongmu
Sungguh Allah Bersama Orang-Orang Yang Sabar"*

(QS. Al - Baqarah : 45)

*"Allah Meninggikan Orang Yang Beriman Di Antara Kamu dan
Orang Yang Berilmu Pengetahuan Beberapa Derajat Lebih Tinggi"*

(QS. Mujadillah : 11)

*"Sesungguhnya Bersama Kesukaran Itu Ada Kemudahan.
Karena Itu, Apabila Kamu Telah Selesai Suatu Tugas,
Mulailah Tugas Yang Lain Dengan Sungguh-Sungguh.*

Dan Hanya Kepada Tuhanmulah Hendaknya Kamu Berharap"

(QS. Asy Syarh : 6 - 8)

*"Insya Allah Allah Akan Selalu Mendengar Do'a Orang-Orang
Yang Giat Berusaha Tanpa Keraguan dan Putus Asa Serta
Orang-Orang Yang Bertawakkal Di Jalannya"*



Kata Pengantar

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, segala puji syukur hanyalah kepada Allah SWT dan semoga sholawat serta salam dilimpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikut beliau (amin). Sehingga penulisan laporan tugas akhir yang berjudul :

APLIKASI FUZZY C-MEANS UNTUK PENGELOMPOKAN DAN KLASIFIKASI KERUSAKAN JALAN dapat penulis selesaikan dengan baik.

Laporan tugas akhir ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Informatika pada Universitas Islam Indonesia dan atas apa yang telah diajarkan selama perkuliahan baik teori maupun praktek, disamping laporan itu sendiri yang merupakan rangkaian kegiatan yang harus dilakukan setelah tugas akhir ini selesai.

Untuk itu saya menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Edy Suandi Hamid, M.Ec., selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Gumbolo HS., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika.
4. Ibu Dr. Sri Kusumadewi, SSi, MT, selaku Pembimbing Tugas Akhir. Terimakasih atas segala bantuan, dukungan, semangat, dan pengetahuannya, serta kemudahannya yang telah diberikan.
5. Teman-teman Informatika 2004, fahmi, eka, fauzan, mimit, tedi, upic, anak-anak expoit 04, dan seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.



6. Teman-teman Kostku Rio makasih atas nasehatnya, kiki setia, kiki solo, fajar, wian, dimas, dan andrek.

Semoga apa yang telah mereka berikan dengan keikhlasan, mendapat pahala yang setimpal dari Allah SWT. Penulis menyadari dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, karena keterbatasan kemampuan dan pengalaman. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun untuk memperbaiki tugas akhir ini semoga dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb



Yogyakarta, Juni 2011

Penulis

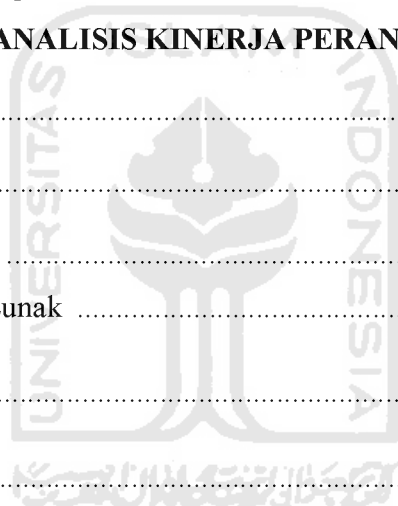


DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Penguji	iii
Lembar Persembahan	iv
Motto	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi
Abstraksi	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir	4
1.6 Sistem Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Fuzzy C-Mean (FCM)	6
2.2 Algoritma Fuzzy C-Mean (FCM)	7
2.3 Faktor Penyebab Kerusakan Jalan	10
2.4 Kerusakan Pada Jalan	10
BAB III ANALISIS KEBUTUHAN DAN PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK	12



3.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak	12
3.1.1 Masukan Sistem	12
3.1.2 Keluaran Sistem	14
3.1.3 Kinerja yang Diharapkan	14
3.2 Perancangan Perangkat Lunak	14
3.2.1 Diagram Alir Sistem	14
3.2.2 Rancangan Antar Muka	22
3.2.3 Rancangan Antar Muka Parameter	22
3.2.4 Rancangan Antar Muka Menu Utama	23
3.2.5 Rancangan Antar Muka Input Data	24
3.2.6 Rancangan Antar Muka Report	24
BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS KINERJA PERANGKAT	
LUNAK	26
4.1 Implementasi Perangkat Lunak	26
4.1.1 Implementasi Antar Muka	26
4.2 Analisis Kinerja Perangkat Lunak	31
BAB V PENUTUP	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir <i>Fuzzy Clustering</i>	15
Gambar 3.2 Diagram Alir Metode <i>Fuzzy C-Means</i>	16
Gambar 3.3 Diagram Alir Bagian Matrik Partisi Awal	17
Gambar 3.4 Diagram Alir Bagian Pusat Cluster	18
Gambar 3.5 Diagram Alir Bagian Fungsi Obyektif	19
Gambar 3.6 Diagram Alir Bagian Perubahan Partisi	20
Gambar 3.7 Diagram Alir Bagian Informasi Kelompok Kerusakan Jalan	21
Gambar 3.8 Rancangan Antar Muka Menu Utama	22
Gambar 3.9 Rancangan Antar Muka Parameter	23
Gambar 3.10 Rancangan Antar Muka Input Data	24
Gambar 3.11 Rancangan Antar Muka Report	25
Gambar 4.1 Menu Utama	27
Gambar 4.2 Input Parameter	28
Gambar 4.3 Input Data Jalan	29
Gambar 4.4 Tampilan Report	30
Gambar 4.5 Edit Parameter	32
Gambar 4.6 Proses pengimputan secara manual	33
Gambar 4.7 Load data dalam bentuk Exel	33
Gambar 4.8 Tampilan Hasil Load data	34
Gambar 4.9 Tampilan Hasil Proses	35
Gambar 4.10 Tampilan Repot setelah Proses	36
Gambar 4.11 Hasil Dalam Tabel Exel	37



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Contoh Kasus	31
Tabel 4.2 Hasil Pengelompokan	38
Tabel 4.3 Pusat Cluster	38



ABTRAKSI

Dalam pengelompokan kerusakan jalan banyak metode yang dapat digunakan. *Fuzzy c-means (FCM)* merupakan salah satu metode yang sangat handal untuk menyelesaikan masalah pengelompokan kerusakan jalan.

Proses pemasukan input *cluster (Jenis kerusakan), bayak jalan, pangkat, maximum iterasi, dan error terkecil yang diharapkan*, yang kemudian akan proses untuk pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan dengan menggunakan metode *fuzzy c-means*. Dari proses tersebut akan didapat pengelompokan kerusakan jalan berdasarkan kerusakan suatu jalan.

Dengan menggunakan metode *fuzzy c-mean* kita dapat mengelompokkan kerusakan jalan berdasarkan kepadatan lalu lintas pada jalan raya.

Kata kunci: kerusakan, lalu lintas, perkerasan.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di masa sekarang ini transportasi merupakan sebuah kebutuhan dalam menjalani segala aktifitas keseharian. Jalan raya adalah penopang berbagai macam jenis kendaraan beroda. Jalan raya sangat rentan akan kerusakan yang diakibatkan oleh kesalahan struktur pondasi yang tidak sesuai dengan beban yang melintas, keadaan alam yang kurang bersahabat, dan kondisi tanah yang tidak stabil. Sangat banyak kerusakan jalan raya yang dapat terjadi oleh kelebihan beban dan rongga-rongga pada aspal yang dapat menyebabkan retaknya aspal. Kerusakan jalan raya dapat memperpendek umur aspal dan dapat mengganggu aktifitas transportasi kendaraan beroda.

Kerusakan jalan raya dapat terjadi dalam berbagai keadaan, berdasarkan kondisi tanah, struktur pondasi jalan, dan iklim pada daerah itu. Pada kenyataannya kerusakan jalan aspal dapat dibedakan menjadi retak (*creaking*), distorsi (*distortion*), cacat permukaan (*disintegration*), pengausan (*polished aggregate*), kegemukan (*bleeding or flushing*), penurunan pada bekas penanaman utilitas (*utility cut depression*). Retak (*creaking*) terjadi karena struktur tanah yang labil, penyusutan pada tanah, pondasi yang kurang baik, sambungan pada aspal yang tidak baik, kurang baiknya pelekat antara aspal pada pondasi, dan menyebabkan air dapat meresap pada aspal, akan menyebabkan struktur aspal renggang. Kurangnya perbaikan pada aspal lama dapat juga memicu kerusakan-



kerusakan pada aspal. Distorsi (*distortion*) terjadi karena lemahnya tanah, kurang padatnya pondasi dan lalu lintas yang padat pada jalan. Cacat permukaan (*disintegration*) terjadi pada permukaan karena lapisan permukaan jelek, lapisan atas yang tipis, air sering masuk kerongga aspal, dan tidak segera ditangani sehingga air dapat meresap dilubang-lubang pada aspal. Pengausan (*polished aggregate*) terjadi karena agregat berasal dari material yang tidak tahan aus dari roda kendaraan, menyebabkan aspal licin dan sangat membahayakan kendaraan. Kegemukan (*bleeding or flushing*) disebabkan oleh campuran aspal yang tinggi dan terlalu banyak menggunakan aspal pada pekerjaan *prime coat* atau *tack coat*, sangat berbahaya bagi kendaraan karena aspal menjadi lunak dan terjadi jejak roda. Penurunan pada bekas penanaman utilitas (*utilitas cut depression*) hal ini terjadi karena pemadatan yang kurang sesuai dan tidak memenuhi syarat.

Pengelompokan kerusakan jalan masih dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu yang lama. Dalam perkembangan ilmu pengetahuan terdapat beberapa metode pengelompokan. *Fuzzy clustering* merupakan salah satu metode pengelompokan yang sering digunakan. *Fuzzy clustering* adalah salah satu teknik untuk menentukan cluster optimal dalam suatu ruang vektor didasarkan pada bentuk normal *Euclidean* untuk jarak antar vektor. Ada beberapa algoritma atau metode *clustering*, diantaranya adalah metode FCM (*Fuzzy C-Means*) dan metode *Subtractive Clustering*.

Kerusakan pada jalan aspal terjadi karena pengaruh dari keadaan alam, iklim berat beban yang melintas dan kekuatan (kualitas perkerasan) jalan. Pengelompokan manual, membutuhkan waktu yang lama dan ada kemungkinan



human error. Oleh karena itu akan dibangun sistem dapat mengelompokkan kerusakan jalan raya berdasarkan keadaan alam, iklim, berat beban yang melintas, dan kekuatan (kualitas perkerasan) jalan.

Dengan adanya aplikasi pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan raya diharapkan dapat memprediksi kerusakan-kerusakan aspal berdasarkan variabel-variabel yang ada. Hasil kemungkinan kerusakan jalan raya akan dicluster pengelompokan kerusakan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang muncul adalah “ Bagaimana membuat program bantu untuk pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan berdasarkan variabel-variabel yang mempengaruhinya dengan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* ?”

1.3 Batasan Masalah

Untuk mengurangi lingkup pembahasan maka diperlukan batas-batasan masalah sebagai berikut

1. Hanya terbatas pada jalan aspal di perkotaan.
2. Kerusakan jalan aspal hanya pada kerusakan ringan.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan penelitian yang ingin dicapai untuk membuat perangkat lunak pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan raya.



1.5 Manfaat Tugas Akhir

Dapat mengimplementasikan aplikasi fuzzy c-means untuk pengelompokan kerusakan jalan raya berdasarkan kondisi kerusakan jalan.

1.6 Sistematika Penulisan

Supaya penulisan skripsi ini terarah dan tersusun secara baik menurut metodologi penelitian, maka susunan penulisan dilanjutkan seperti berikut

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pengantar terhadap permasalahan yang akan dibahas. Di dalamnya menguraikan tentang gambaran kerusakan jalan dan faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan jalan yang terdiri dari latar belakang masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas tentang dasar teori yang berfungsi sebagai sumber atau alat dalam memahami permasalahan yang berkaitan dengan jalan raya, faktor-faktor kerusakan jalan raya, dan konsep *fuzzy clustering* menggunakan metode *Fuzzy C-Means*.

BAB III ANALISIS KEBUTUHAN DAN PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini membahas tentang analisis kebutuhan dan perancangan terhadap perangkat lunak pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan yang akan dibangun. Analisis dan perancangan perangkat lunak pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan yang akan dibangun meliputi metode analisis, langkah-



langkah analisis, hasil analisis, metode perancangan sistem, desain sistem, flow chart, rancangan antar muka masukan perangkat lunak pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan dan rancangan antar muka keluaran perangkat lunak pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS KINERJA PERANGKAT LUNAK

Bab ini membahas tentang implementasi dan analisis perangkat lunak pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan. Desain implementasi, hasil perangkat lunak pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan, dan analisis perangkat lunak pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan mencakup pengujian secara normal dan tidak normal.

BAB V PENUTUP

Bab ini menerangkan kesimpulan dari hasil pengujian perangkat lunak pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan dan saran saran berdasarkan temuan-temuan baru yang belum diteliti dan berbagai kemungkinan kearah penelitian selanjutnya.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Fuzzy C-Means (FCM)

Fuzzy C-means Clustering (FCM), atau dikenal juga sebagai Fuzzy ISODATA, merupakan salah satu metode clustering yang merupakan bagian dari metode Hard K-Means. FCM menggunakan model pengelompokan fuzzy sehingga data dapat menjadi anggota dari semua kelas atau cluster terbentuk dengan derajat atau tingkat keanggotaan yang berbeda antara 0 hingga 1. Tingkat keberadaan data dalam suatu kelas atau cluster ditentukan oleh derajat keanggotaannya. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. (Taufiq Luthfi, 2007)

Konsep dari *Fuzzy C-Means* pertama kali adalah menentukan pusat *cluster*, yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap *cluster*. Pada kondisi awal, pusat *cluster* ini masih belum akurat. Tiap-tiap titik data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap *cluster*. Dengan cara memperbaiki pusat *cluster* dan derajat keanggotaan tiap-tiap titik data secara berulang, maka akan dapat dilihat bahwa pusat *cluster* akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimasi fungsi obyektif yang menggambarkan jarak dari titik data yang diberikan kepusat *cluster* yang terbobot oleh derajat keanggotaan titik data tersebut.



Output dari *Fuzzy C-Means* merupakan deretan pusat *cluster* dan beberapa derajat keanggotaan untuk tiap-tiap titik data. Informasi ini dapat digunakan untuk membangun suatu *fuzzy inference system* (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

2.2 Algoritma Fuzzy C-Means (FCM)

Algoritma Fuzzy C-Means (FCM) adalah sebagai berikut :

1. Input data yang akan dicluster X , berupa matrik berukuran $n \times m$ (n = jumlah sampel data, m = atribut setiap data). X_{ij} = data sampel ke- i ($i=1,2,\dots,n$), atribut ke- j ($j=1,2,\dots,m$).
2. Tentukan
 - Banyak cluster $= c$;
 - Pangkat $= w$;
 - Maksimum iterasi $= \text{MaxIter}$;
 - Error terkecil yang diharapkan $= \xi$;
 - Fungsi objektif awal $= P_0 = 0$;
 - Iterasi awal $= t = 1$;
3. Bangkitkan bilangan random μ_{ik} , $i=1,2,\dots,n$; $k=1,2,\dots,c$; sebagai elemen-elemen matrik partisi awal U .

Hitung jumlah setiap kolom (atribut):

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

dengan $j=1,2,\dots,m$.

Hitung :



$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_j} \dots\dots\dots [2.2]$$

4. Hitung pusat cluster ke-k: V_{kj} , dengan $k=1,2,\dots,c$; dan $j=1,2,\dots,m$.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w * X_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w} \dots\dots\dots [2.3]$$

5. Hitung fungsi objek pada iterasi ke-t, P_t :

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) \dots\dots\dots [2.4]$$

6. Hitung perubahan matrik partisi:

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}} \dots\dots\dots [2.5]$$

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

7. Cek kondisi berhenti :

- jika : $(|P_t - P_{t-1}| < \xi)$ atau $(t > \text{MaxIter})$ maka berhenti;
- jika tidak : $t=t+1$, ulangi langkah ke-4.



2.3 Faktor Penyebab Perusakan Jalan

Faktor-faktor penyebab yang dipandang berpengaruh pada kerusakan jalan antara lain kekuatan (kualitas perkerasan) jalan, volume lalu lintas, serta berat kendaraan selain faktor external(lingkungan). Dengan demikian, untuk suatu jalan yang mempunyai kekuatan tertentu, terjadinya kerusakan adalah sebanding dengan besarnya volume lalu lintas dan berat kendaraan.

A. Kekuatan (kualitas perkerasan) jalan

Material yang menopang kekuatan jalan yang kurang baik pada pondasi perkerasan jalan, baik itu pondasi atas, pondasi bawah atau tanah dasar.

B. Volume lalu lintas

Volume lalu lintas menyatakan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu. Untuk mendapatkan volume lalu lintas tersebut, dikenal dua jenis Lalu Lintas, yaitu :

a. Lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Jumlah yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Lama Pengamatan}} \dots\dots\dots [2.6]$$

b. Lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT)

Jumlah lalu lintas kendaraan yang melewati satu jalur selama 24 jam dan diperoleh dari data satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari dalam 1 tahun (360)}} \dots\dots\dots [2.7]$$



C. Beban Kendaraan

Pada umumnya lalu lintas pada jalan raya terdiri dari berbagai jenis kendaraan, baik kendaraan cepat, kendaraan lambat, kendaraan berat, kendaraan ringan, maupun kendaraan tak bermotor. Dalam hubungannya dengan kapasitas jalan, maka jumlah kendaraan bermotor yang melewati satu titik dalam satu satuan waktu mengakibatkan adanya pengaruh / perubahan terhadap arus lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan dengan membandingkannya terhadap pengaruh dari suatu mobil penumpang dalam hal ini dipakai sebagai Satuan Mobil Penumpang (Smp).

Untuk menilai setiap kendaraan ke dalam Smp, bagi jalan di daerah datar digunakan koefisien di bawah ini :

- Sepeda = 0,5
- Mobil penumpang = 1
- Truk ringan (berat kotor < 5 ton) = 2
- Truk sedang > 5 ton = 2,5
- Bus = 3
- Truk berat > 10 ton = 3
- Kendaraan tak bermotor = 7

D. Faktor external (lingkungan)

Keadaan geografis suatu daerah yang menyebabkan turunya kualitas perkerasan jalan adalah curah hujan yang tinggi dan keadaan alam yang kurang bersahabat.

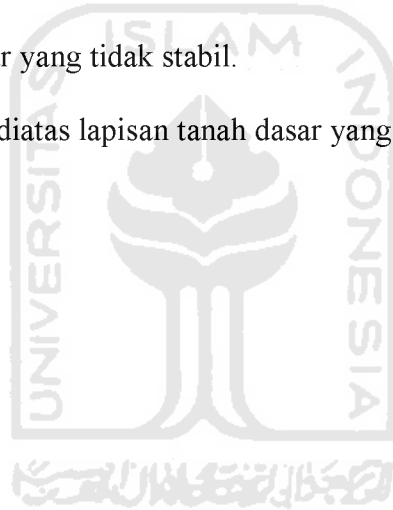
2.4 Kerusakan Pada Jalan Raya

Penanganan kontruksi perkerasan jalan baik itu bersifat pemeliharaan, penunjang, peningkatan, atau pun rehabilitasi dapat dilakukan dengan baik setelah



kerusakan-kerusakan yang timbul pada perkerasan jalan, kerusakan tersebut dievaluasi mengenai penyebab dan akibat kerusakan. Kerusakan pada perkerasan jalan dapat disebabkan oleh :

- a. Lalu lintas, yang berupa peningkatan beban dan repetisi beban.
- b. Air yang berasal dari air hujan, sistem drainase jalan yang tidak baik, naiknya air dengan sifat kapilaritas.
- c. Material konstruksi perkerasan yang kurang baik.
- d. Iklim di daerah itu.
- e. Kondisi tanah dasar yang tidak stabil.
- f. Proses pemadatan diatas lapisan tanah dasar yang kurang baik.



BAB III
ANALISIS KEBUTUHAN DAN PERANCANGAN
PERANGKAT LUNAK

3.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

3.1.1 Masukan Sistem

Masukan data untuk perangkat lunak pada permasalahan untuk clustering optimal menggunakan *fuzzy clustering* dengan menggunakan metode *fuzzy c-means* ini berisi variabel-variabel yang digunakan dalam suatu masalah clustering serta menggunakan algoritma *fuzzy clustering*.

1. Data

Variabel ini digunakan untuk memasukkan data-data baru atau data yang sudah disimpan untuk diproses, berupa :

- Jalan Raya
- Faktor-faktor

Variabel ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi pengelompokan kerusakan jalan.

- Bobot faktor

Variabel ini untuk menentukan seberapa besar suatu faktor mempengaruhi pengelompokan kerusakan jalan.



2. Proses Cluster

Variabel ini berfungsi untuk melakukan proses clustering dari data yang sudah ada. Pada metode *fuzzy c-means*, variabel-variabel yang digunakan sebagai masukan sistem adalah sebagai berikut :

- Jumlah Cluster

Variabel ini menunjukkan seberapa banyak jumlah clustering optimal yang akan dibentuk berdasarkan data yang telah dimasukkan ke dalam sistem.

- Maksimum Iterasi

Variabel ini digunakan untuk menentukan seberapa banyak operasi clustering (matriks partisi, pusat vektor dan fungsi obyektif) yang akan dilakukan dari suatu representasi permasalahan yang akan dicari solusinya.

- Faktor Koreksi

Variabel ini memiliki nilai yang sangat kecil, berfungsi sebagai pembanding untuk memeriksa apakah clustering optimal telah diperoleh.

- Pangkat Bobot

Variabel ini memiliki nilai yang berfungsi sebagai nilai eksponen untuk menentukan matriks partisi yang baru.



3.1.2 Keluaran Sistem

Keluaran dari perangkat lunak menentukan pengelompokan fasilitas dengan menggunakan metode *fuzzy c-means* ini berupa informasi mengenai kecenderungan suatu fasilitas untuk masuk ke kelompok atau cluster tertentu. Keluaran lain berupa laporan setiap langkah yang dihasilkan untuk mencapai nilai yang optimal.

3.1.3 Antarmuka Sistem

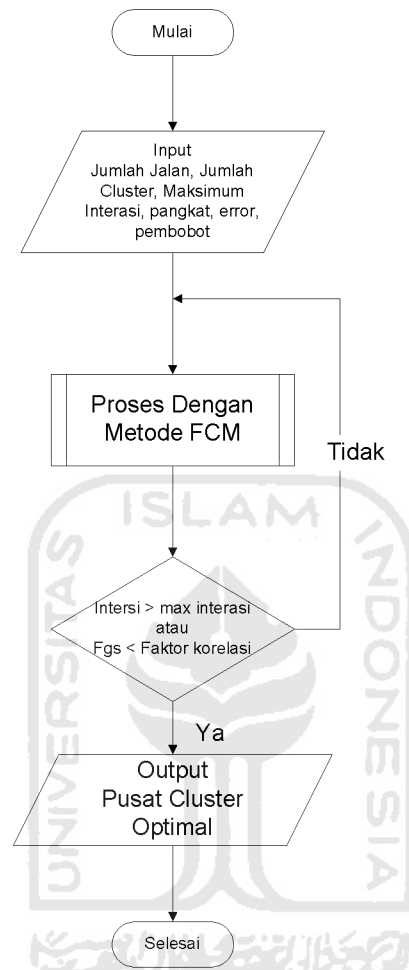
Antarmuka yang dikembangkan pada perangkat lunak (*software*) ini berbasis icon-icon yang *user friendly* untuk mempermudah pemakaian perangkat lunak. Dengan demikian baik user yang masih pemula maupun yang ahli dapat memakai perangkat lunak ini. Antar muka yang akan di bangun meliputi menu utama, parameter, input data, dan report.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

3.2.1 Diagram Alir Sistem

Bagan alir sistem digunakan untuk menggambarkan keseluruhan langkah kerja dan sistem yang akan dibuat dan juga akan digunakan untuk menentukan langkah-langkah kerja. Gambar 3.1 sampai dengan Gambar 3.7 merupakan diagram alir (*flowchart*) merupakan diagram alir perangkat lunak Menentukan kerusakan jalan dengan menggunakan metode *fuzzy C-Means*.

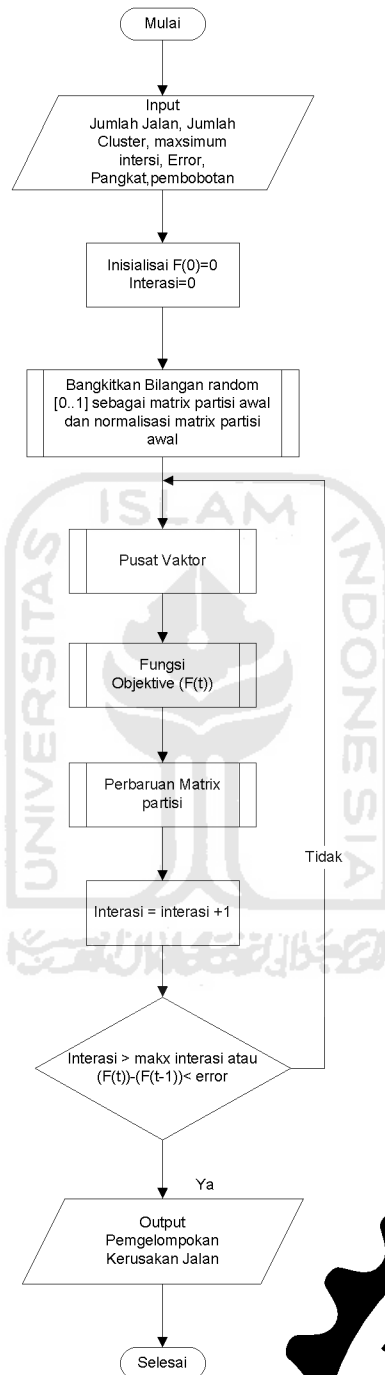




Gambat 3.1 Diagram Alir *Fuzzy Clustering*

Pada proses pengambilan data akan diketahui atribut setiap variabel-variabel yang mempengaruhi banyak cluster yang dimasukkan sebagai kolom, jumlah jalan yang di masukkan disebut sebagai baris dan jumlah pusat clustering optimal yang diinginkan disebut sebagai cluster. Dari diagram alir *fuzzy clustering* pada bagian pemrosesan metode *fuzzy C-Means* dapat dijabarkan kedalam diagram alir berikut ini :

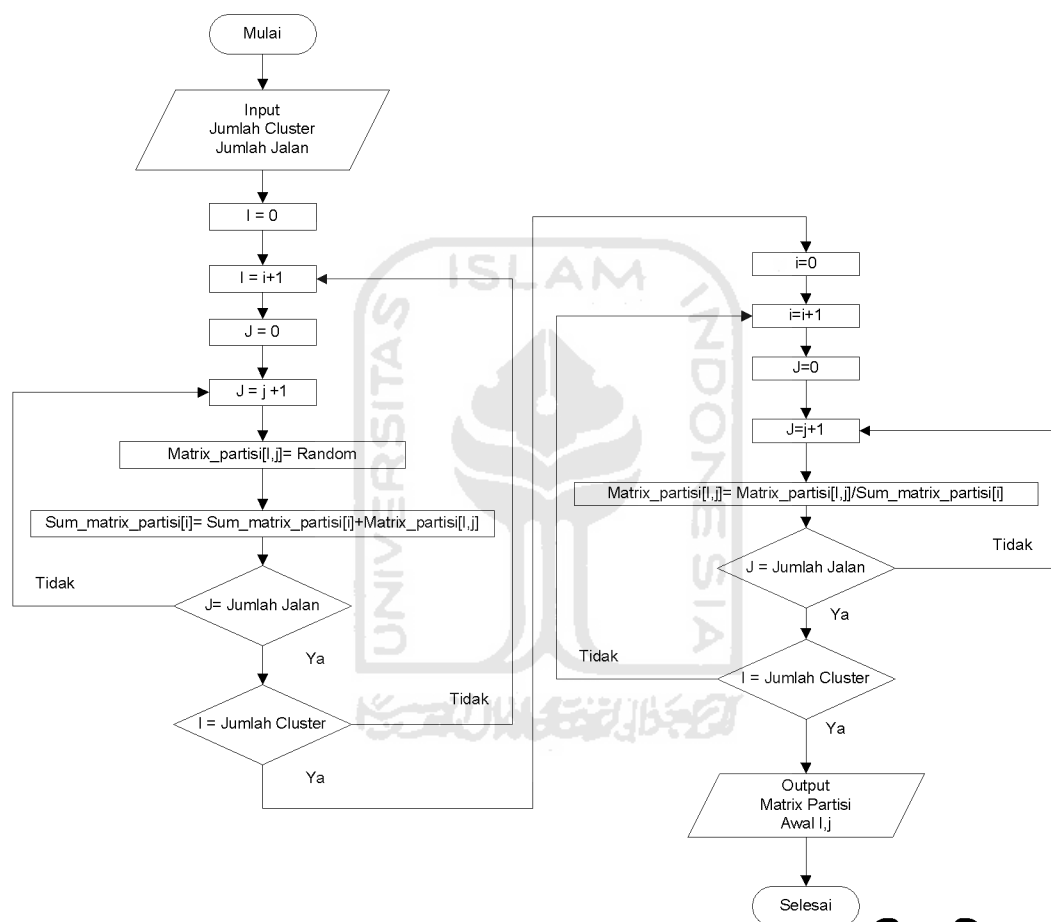




Gambar 3.2 Diagram Alir Metode *Fuzzy C-Means*



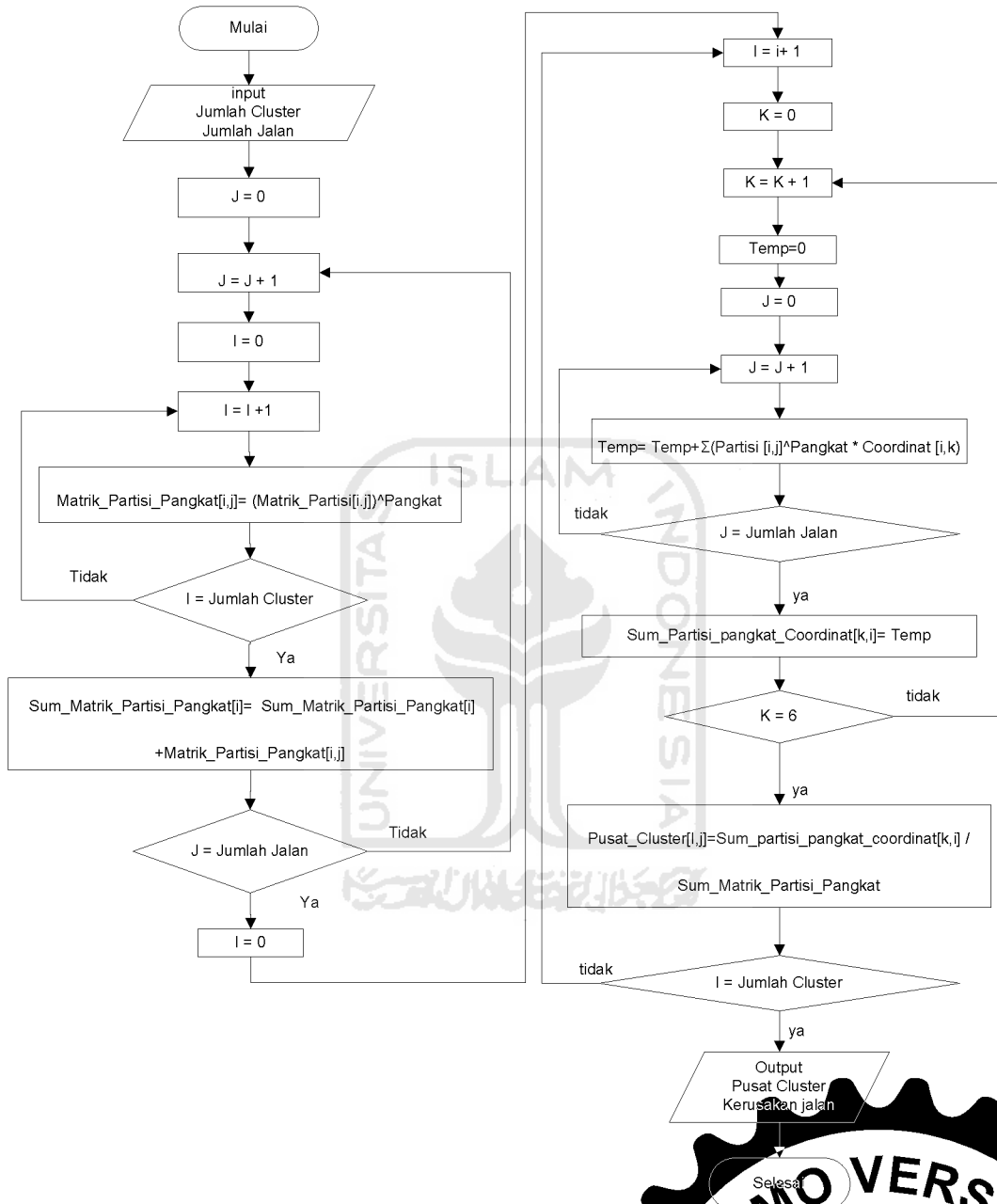
Dari diagram alir (*flowchart*) penentuan kerusakan jalan dengan metode *fuzzy C-Means*, matrik partisi awal dapat dijabarkan Gambar (3.3) pada diagram alir berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Bagian Matrik Partisi Awal

Dari diagram alir (*flowchart*) penentuan kerusakan jalan dengan metode *fuzzy C-Means*, pusat kerusakan jalan dapat dijabarkan pada Gambar (3.4) kedalam diagram alir berikut:

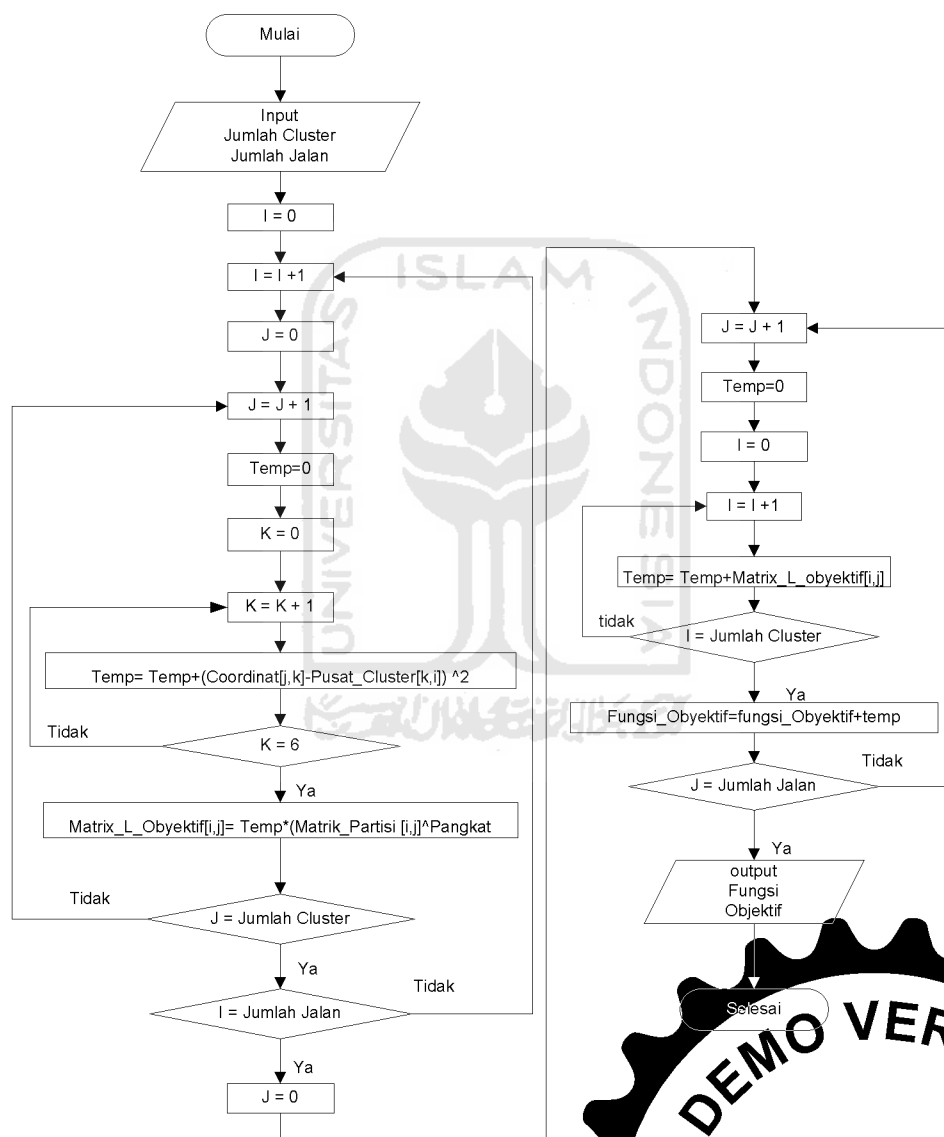




Gambar 3.4 Diagram Alir Bagian Pusat Cluster



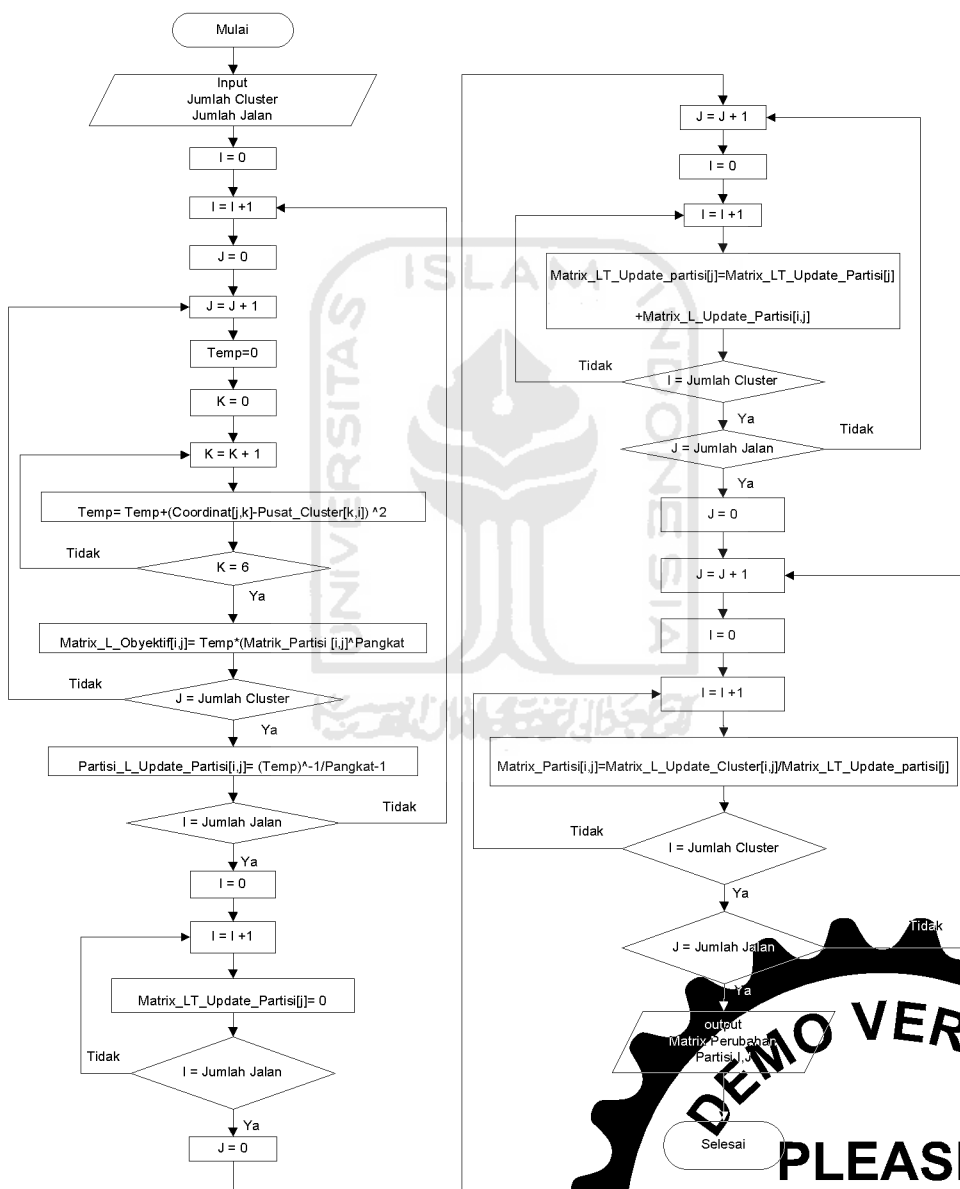
Dari diagram alir (*flowchart*) penentuan lokasi kerusakan jalan dengan metode *fuzzy C-Means*, fungsi obyektif dapat dijabarkan Gambar (3.5) pada diagram alir berikut:



Gambar 3.5 Diagram Alir Bagian Fungsi Obyektif



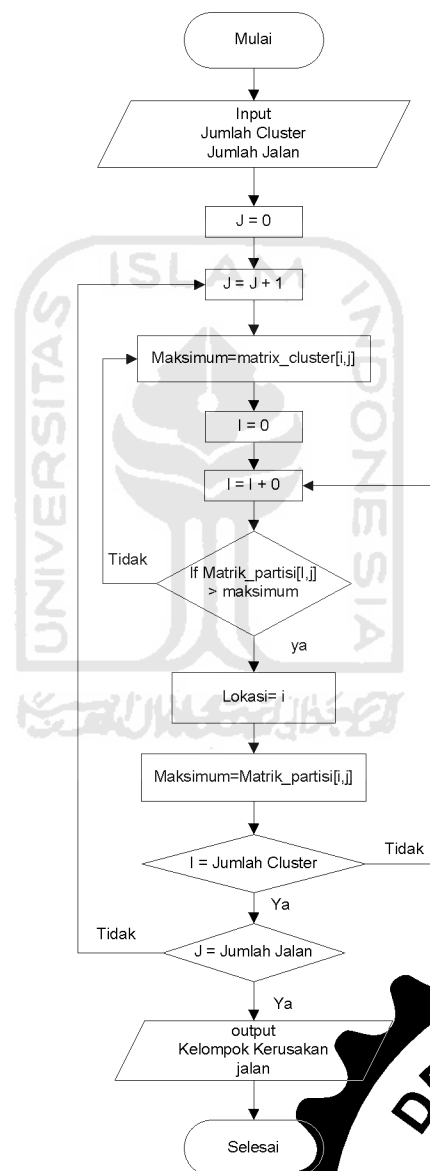
Dari diagram alir (*flowchart*) penentuan kerusakan jalan dengan metode *fuzzy C-Means*, perubahan partisi dapat dijabarkan pada Gambar (3.6) pada diagram alir berikut:



Gambar 3.6 Diagram Alir Bagian Perubahan Partisi



Dari diagram alir (*flowchart*) penentuan kerusakan jalan dengan metode *fuzzy C-Means*, informasi kelompok lokasi pada tiap-tiap fasilitas dapat dijabarkan Gambar (4.7) pada diagram alir berikut:



Gambar 3.7 Diagram Alir Bagian Informasi Kelompok Kerusakan Jalan



3.2.2 Rancangan Antar Muka

Perancangan antar muka dari perangkat lunak untuk menentukan kerusakan jalan dengan metode *Fuzzy C-Means* ini menggunakan perancangan model grafis. Perancang tersebut di bagi menjadi empat bagian antar menu utama, parameter, input data, dan report.

3.2.2.1 Rancangan Antar Muka Menu Utama

Antarmuka ini merupakan form utama yang menghubungkan dengan form-form lain dan merupakan antarmuka untuk memulai proses menentukan kerusakan jalan. Gambar (3.8) mengilustrasikan perancangan antarmuka menu utama.

Proses	Reset	New Data	Load	Save	Report	About	Exit
--------	-------	----------	------	------	--------	-------	------

Jumlah Jalan

Cluster Pangkat Max Iterasi Error

Data Jalan								Pusat Cluster		
No	Jalan	Mobil	Truk	Bus	BSP 01	BSP 02	Curah Hujan	No	Jalan	Kerusakan

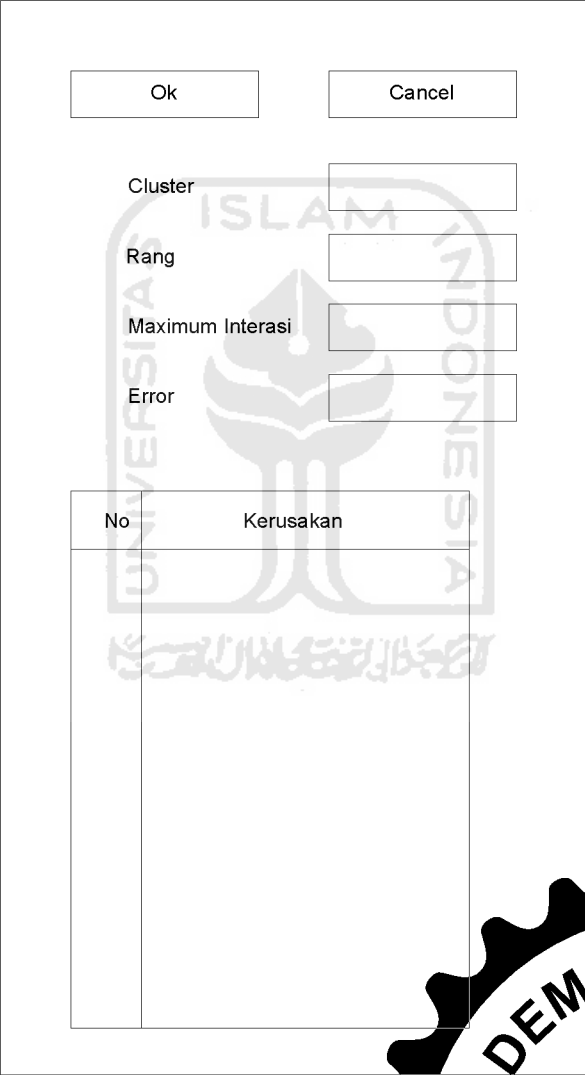
Interasi Fungsi Objektif Quit Error

Gambar 3.8 Rancangan Antar Muka Menu Utama



3.2.2.2 Rancangan Antar Muka Parameter

Form ini digunakan untuk mengubah nilai input parameter dan untuk mengubah nama kerusakan jalan yang akan menandakan sebagai pusat kerusakan pada menu utama, Gambar (3.9) adalah ilustrasi dari rancangan antarmuka parameter.



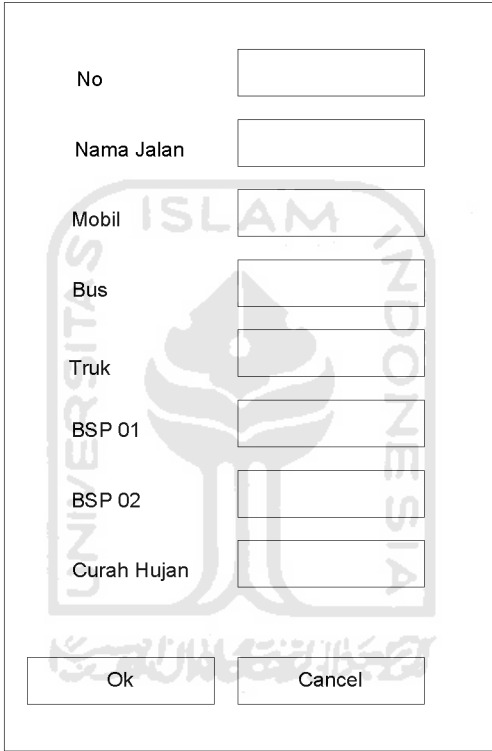
No	Kerusakan

Gambar 3.9 Rancangan Antar Muka Parameter



3.2.2.3 Rancangan Antar Muka Input Data

Form ini digunakan untuk memasukkan nilai input dan mengubah nilai Input data jalan pada stringgit. Gambar (3.10) adalah ilustrasi dari rancangan antarmuka input data.



The image shows a data input form with the following fields and controls:

- No:
- Nama Jalan:
- Mobil:
- Bus:
- Truk:
- BSP 01:
- BSP 02:
- Curah Hujan:
- Ok:
- Cancel:

A large watermark for Universitas Islam Indonesia is visible in the background of the form.

Gambar 3.10 Rancangan Antar Muka Input Data

3.2.2.4 Rancangan Antar Muka Report

Form ini digunakan untuk memberikan informasi hasil pengelusteran kerusakan jalan. Gambar (3.11) adalah ilustrasi dari rancangan antar muka report.





Gambar 3.11 Rancangan Antar Muka Report



BAB IV

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS KINERJA PERANGKAT LUNAK

4.1 Implementasi Perangkat Lunak

Tujuan dari tahap implementasi ini untuk memastikan perangkat lunak yang dibuat dapat bekerja secara efektif dan efisien sesuai yang diinginkan, untuk itu pada tahap implementasi ini akan menjelaskan, implementasi dari sistem perangkat lunak untuk masalah penentuan kerusakan Jalan dengan menggunakan metode *fuzzy c-means*.

4.1.1 Implementasi Antar Muka

Berikut ini adalah gambaran antarmuka-antarmuka yang terdapat pada sistem perangkat lunak menentukan kerusakan jalan menggunakan *fuzzy c-means*.

4.1.1.1 Antar Muka Menu Utama

Antarmuka ini merupakan menu utama untuk melakukan proses pengelompokan kerusakan jalan. Terdapat beberapa tombol pada antarmuka menu utama. Gambar (4.1) adalah gambaran antar muka *menu utama*.

Proses : Untuk melakukan pengelompokan kerusakan jalan.

Reset : Untuk merest pengelompokan kerusakan jalan.

New Data : untuk memulai lagi dari data yang baru.

Load : Untuk mengambil data jalan, data yang diambil berbentuk *excel*.



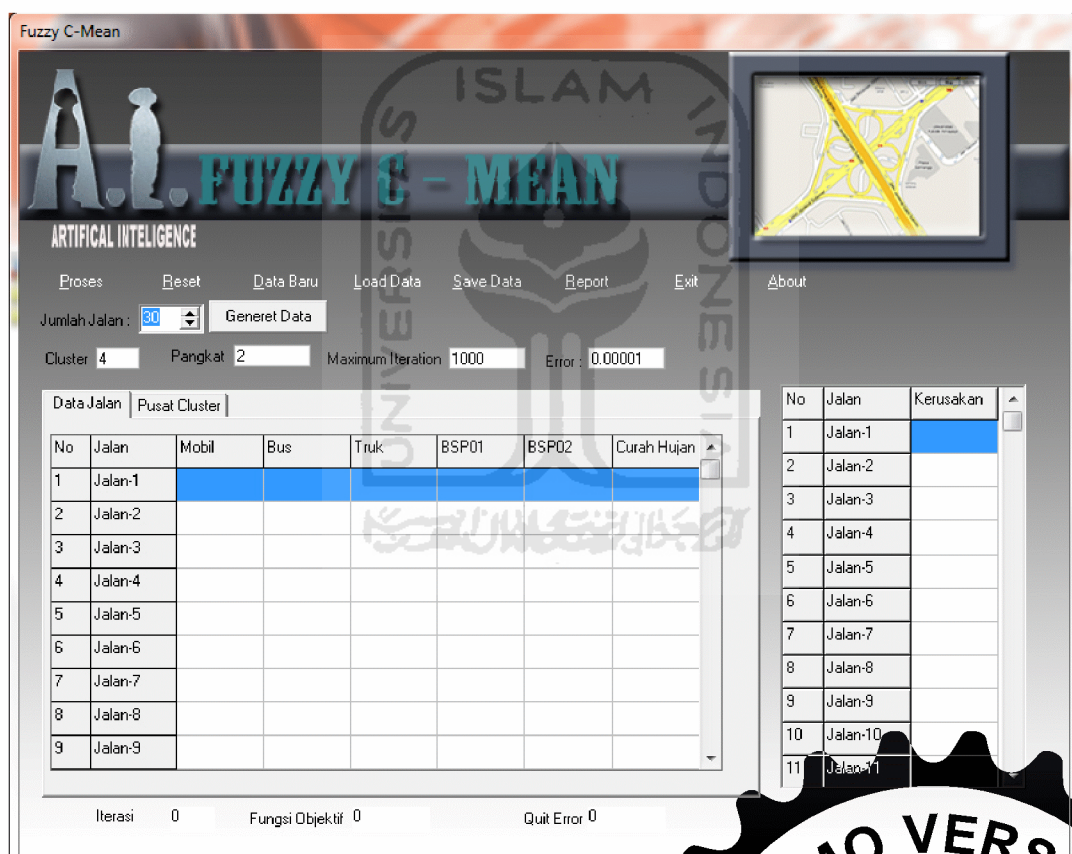
Save : Untuk meyimpan hasil pengelompokan kerusakan jalan, data akan di simpan dalam bentuk exel.

Report : Untuk masuk ke From repot.

Exit : Untuk keluar dari program.

About :

Generet



Gambar 4.1 Menu Utama

4.1.1.2 Antar Muka Parameter

Antarmuka ini digunakan untuk membuat atau mengedit input parameter. Pada antarmuka ini data yang diinputkan adalah *cluster*, *pangkat*, *maximum iterasi*, *error* dan nama kerusakan jalan. Gambar (4.2) adalah gambar antarmuka *input parameter*.

Ok : untuk kembali ke menu utama dan menyimpan data cluster, pangkat, maximum iteration, dan error ke menu utama.

Cancel : untuk kembali ke menu utama dan tidak akan menyetujui perubahan parameter.

No	Kerusakan Jalan
1	Kerusakan-1
2	Kerusakan-2
3	Kerusakan-3
4	Kerusakan-4

Gambar 4.2 Input Parameter

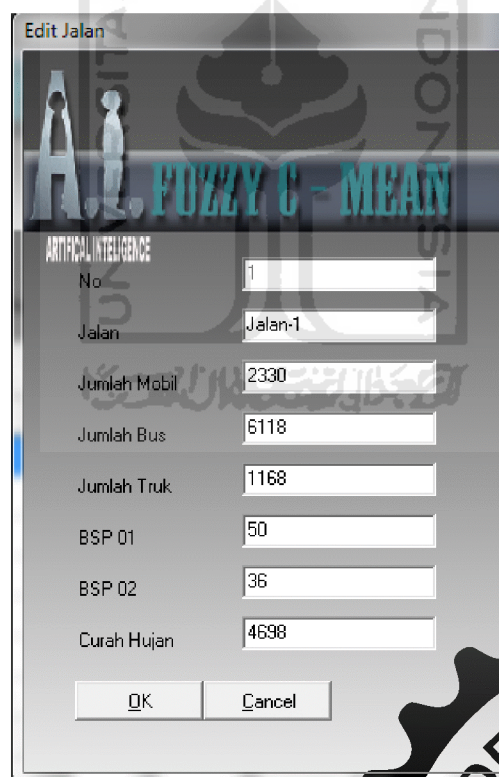


4.1.1.3 Antar Muka Input Data

Antarmuka ini digunakan untuk membuat atau mengedit input data jalan. Pada antarmuka ini data yang diinputkan adalah *nama jalan, jumlah mobil, jumlah bus, jumlah truk, Bps 01, BSP 02, dan Curah hujan*. Gambar (4.3) adalah gambar antarmuka *input data jalan*.

OK : Untuk kembali ke menu utama dan menuliskan data jalan ke dalam tabel jalan di menu utama.

Cancel : Untuk kembali ke menu utama dan tidak ada perubahan data.



ARTIFICIAL INTELLIGENCE	
No	1
Jalan	Jalan-1
Jumlah Mobil	2330
Jumlah Bus	6118
Jumlah Truk	1168
BSP 01	50
BSP 02	36
Curah Hujan	4698

Gambar 4.3 Input Data Jalan



4.1.1.4 Antar Muka Report

Antar muka ini untuk melihat hasil dari clustering data jalan. Gambar (4.4) adalah gambar antarmuka *report*

OK : Untuk kembali ke menu utama.

Save : Untuk menyimpan report ke bentuk word document.

Print : Untuk mengeprin report.



Gambar 4.4 Tampilan Report



4.2 Analisis Kinerja Perangkat Lunak

Berdasarkan data kasus pada bab implementasi akan dilakukan uji coba terhadap perangkat lunak yang dibuat, untuk itu uji coba dari beberapa kasus tersebut akan diperlihatkan dalam tabel 4.1 dan gambar antarmuka sebagai berikut :

Tabel 4.1 Contoh Kasus

No	Mobil	Bus	Truk	BSP01	BSP02	Curah Hujan
1	2568	356	350	60.75	52.31	2300
2	3214	415	357	64.21	51.25	2500
3	2578	351	402	51.23	40.28	2300
4	3265	423	210	65.27	48.26	2400
5	2105	521	347	48.26	45.31	2612
6	2961	462	495	45.26	36.45	2413
7	2413	751	368	65.32	39.68	2423
8	3512	852	354	53.21	49.26	2513
9	2690	452	421	57.21	51.36	2754
10	4527	652	354	56.01	46.36	2956
11	3568	451	275	57.21	52.31	2487
12	5532	632	396	54.23	47.36	2684
13	5413	741	375	63.29	51.23	1952
14	1987	421	415	61.05	48.21	2485
15	6505	458	398	60.21	46.35	2651
16	5524	452	245	68.21	45.21	2741
17	4521	698	362	48.69	40.25	2314
18	2845	762	278	58.56	46.26	1865
19	2875	521	352	75.21	50.24	3125
20	3652	625	278	57.25	37.21	2612
21	3702	842	312	64.21	45.21	3125
22	4000	685	251	65.21	46.23	2618
23	3000	758	410	55.36	51.36	2413
24	5000	824	426	45.21	40.26	2257



cluster : 4

Pangkat : 2

Max Iterasi : 10000

Error : 0,000001

Tampilan Input Parameter

Pemasukan dan perubahan data parameter kerusakan jalan, berupa input cluster, input pangkat, input maximum iterasi dan input error dapat dilihat pada gambar 4.5.

No	Kerusakan Jalan
1	Kerusakan-1
2	Kerusakan-2
3	Kerusakan-3
4	Kerusakan-4

Gambar 4.5 Edit Parameter

Tampilan Input dan Edit Jalan

Pemasukan dan perubahan data suatu jalan, berupa pemasukan nama jalan, bayak mobil yang lewat, bayak bus yang lewat, bayak truk yang lewat, kelelapatan jalan dan curah hujan dapat dilihat pada gambar 4.6.

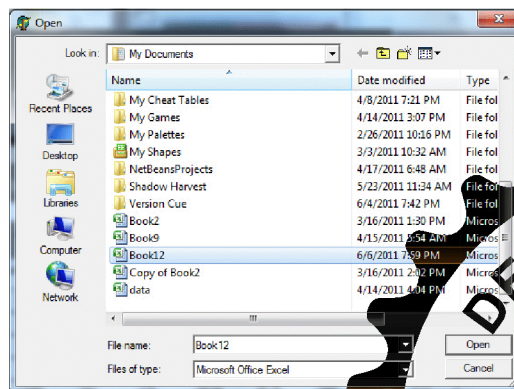


Field	Value
No	1
Jalan	1
Jumlah Mobil	2568
Jumlah Bus	356
Jumlah Truk	350
BSP 01	60.75
BSP 02	52.31
Curah Hujan	2300

Gambar 4.6 Proses pengimputan secara manual

Tampilan Load Data Jalan

Pengambilan data berupa excel file dan pemilihan data yang akan diproses dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Load data dalam bentuk Excel



Tampilan Hasil Load Data

Tampilan hasil Pemasukan data jalan baik secara manual atau secara load data dari excel dapat di lihat pada gambar 4.8.

The screenshot displays the 'Fuzzy C-Mean' software interface. At the top, it features the title 'FUZZY C-MEAN' and 'ARTIFICIAL INTELLIGENCE'. Below this, there are several control buttons: 'Proses', 'Reset', 'New Data', 'Load', 'Save', 'Report', 'Exit', and 'About'. A 'Generet' button is also present next to a 'Jumlah Jalan' input field set to '24'. Below these are fields for 'Cluster' (set to 4), 'Pangkat' (set to 2), 'Maximum Iteration' (set to 1000), and 'Error' (set to 0.00001). A small map window in the top right shows a road network with highlighted paths. The main area contains two data tables. The 'Data Jalan' table lists 9 roads with their respective vehicle counts and damage metrics. The 'Pusat Cluster' table lists 11 roads with their damage metrics. At the bottom, status indicators show 'Iterasi 0', 'Fungsi Objektif 0', and 'Quit Error 0'.

Data Jalan							
No	Jalan	Mobil	Bus	Truk	BSP01	BSP02	Curah Hujan
16	Jalan-16	6505	458	398	60.21	46.35	2651
17	Jalan-17	5524	452	245	68.21	45.21	2741
18	Jalan-18	4521	698	362	48.69	40.25	2314
19	Jalan-19	2845	762	278	58.56	46.26	1865
20	Jalan-20	2875	521	352	75.21	50.24	3125
21	Jalan-21	3652	625	278	57.25	37.21	2612
22	Jalan-22	3702	842	312	64.21	45.21	3175
23	Jalan-23	4000	685	251	65.21	46.23	2618
24	Jalan-24	3000	758	410	55.36	51.36	2413

Pusat Cluster		
No	Jalan	Kerusakan
1	Jalan-1	
2	Jalan-2	
3	Jalan-3	
4	Jalan-4	
5	Jalan-5	
6	Jalan-6	
7	Jalan-7	
8	Jalan-8	
9	Jalan-9	
10	Jalan-10	
11	Jalan-11	

Gambar 4.8 Tampilan Hasil Load data



Tampilan Hasil Dari Proses

Tampilan hasil setelah pemrosesan pengelompokan kerusakan jalan dapat dilihat pada gambar 4.9.

Fuzzy C-Mean

AI FUZZY C - MEAN
ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Proses Reset New Data Load Save Report Exit About

Jumlah Jalan : 24 Generet

Cluster 4 Pangkat 2 Maximum Iteration 1000 Error : 0.00001

Data Jalan		Pusat Cluster					
No	Jalan	Mobil	Bus	Truk	BSP01	BSP02	Curah Hujan
1	Jalan-1	2568	356	350	60.75	52.31	2300
2	Jalan-2	3214	415	357	64.21	51.25	2500
3	Jalan-3	2578	351	402	51.23	40.28	2300
4	Jalan-4	3265	423	210	65.27	48.26	2400
5	Jalan-5	2105	521	347	48.26	45.31	2612
6	Jalan-6	2961	462	495	45.26	36.45	2413
7	Jalan-7	2413	751	368	65.32	39.68	2423
8	Jalan-8	3512	852	354	53.21	49.26	2513
9	Jalan-9	2690	452	421	57.21	51.36	2754

No	Jalan	Kerusakan
1	Jalan-1	Kerusakan-1
2	Jalan-2	Kerusakan-3
3	Jalan-3	Kerusakan-1
4	Jalan-4	Kerusakan-3
5	Jalan-5	Kerusakan-1
6	Jalan-6	Kerusakan-3
7	Jalan-7	Kerusakan-1
8	Jalan-8	Kerusakan-3
9	Jalan-9	Kerusakan-1
10	Jalan-10	Kerusakan-4
11	Jalan-11	Kerusakan-3

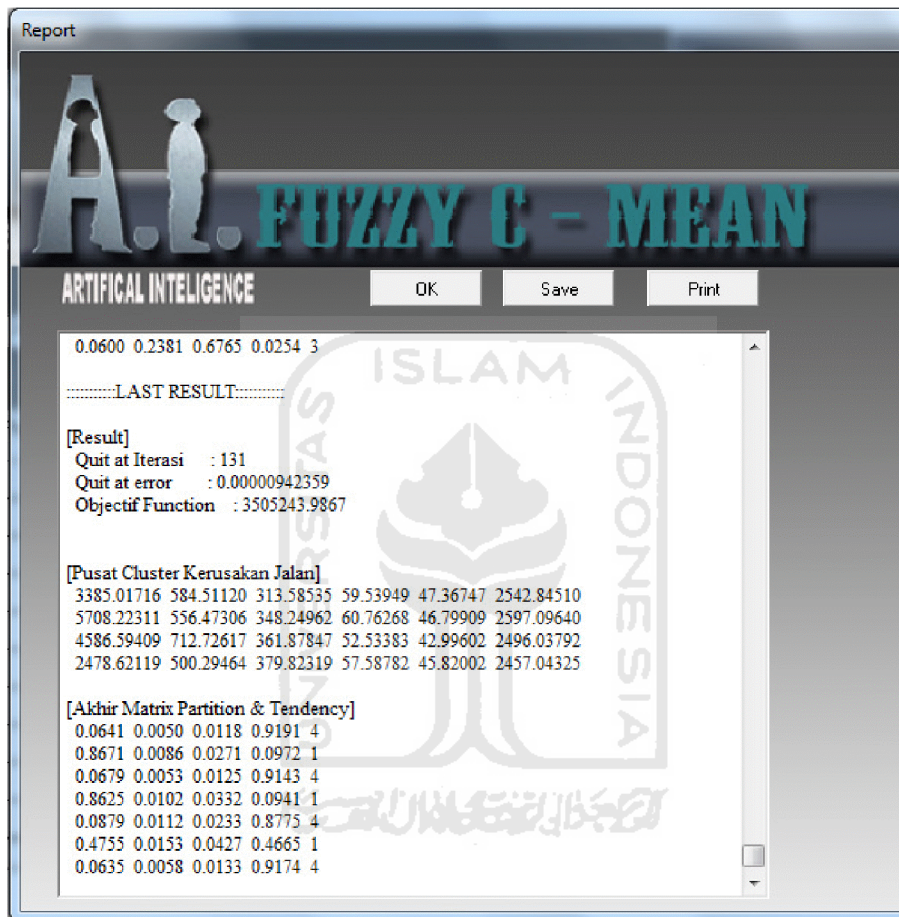
Iterasi 109 Fungsi Objektif 3505243.98 Quit Error 0.00000936

Gambar 4.9 Tampilan Hasil Proses



Tampilan Pada Report

Hasil proses berupa report dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Tampilan Report setelah Proses



Tampilan Hasil Inport pada Exel

hasil dari data jalan kerusakan jalan yang telah di kelompokkan dan telah diimport ke dalam excel dapat dilihat digambar 4.11.

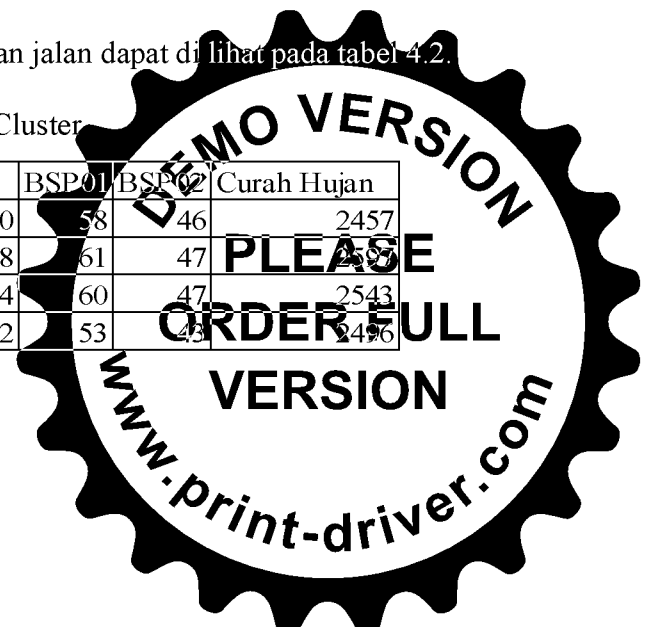
No	Jalan	Mobil	Bus	Truk	BSP01	BSP02	Curah Hujan	No	Jalan	Kerusakan	No	Kerusakar	Mobil	Bus	Truk	BSP01	BSP02
1	Jalan-1	2568	356	350	60.75	52.31	2300	1	Jalan-1	Kerusakan-1	1	Kerusakar	2479	500	380	58	46
2	Jalan-2	3214	415	357	64.21	51.25	2500	2	Jalan-2	Kerusakan-2	2	Kerusakar	5708	556	348	61	47
3	Jalan-3	2578	351	402	51.23	40.26	2300	3	Jalan-3	Kerusakan-3	3	Kerusakar	3385	585	314	60	47
4	Jalan-4	3265	423	210	65.27	48.26	2400	4	Jalan-4	Kerusakan-4	4	Kerusakar	4587	713	362	53	45

Gambar 4.11 Tampilan Hasil Dalam Tabel Exel

Hasil dari proses tabel 4.1 berupa pusat kerusakan jalan dapat di lihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pusat Cluster

No	Kerusakan	Mobil	Bus	Truk	BSP01	BSP02	Curah Hujan
1	Kerusakan-1	2479	500	380	58	46	2457
2	Kerusakan-2	5708	556	348	61	47	2497
3	Kerusakan-3	3385	585	314	60	47	2543
4	Kerusakan-4	4587	713	362	53	45	2496



Hasil proses data pada tabel 4.1 berupa pengelompokan kerusakan jalan berdasarkan tipe kerusakan jalan dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengelompokan

No	Jalan	Kerusakan
1	Jalan-1	Kerusakan-1
2	Jalan-2	Kerusakan-3
3	Jalan-3	Kerusakan-1
4	Jalan-4	Kerusakan-3
5	Jalan-5	Kerusakan-1
6	Jalan-6	Kerusakan-3
7	Jalan-7	Kerusakan-1
8	Jalan-8	Kerusakan-3
9	Jalan-9	Kerusakan-1
10	Jalan-10	Kerusakan-4
11	Jalan-11	Kerusakan-3
12	Jalan-12	Kerusakan-2
13	Jalan-13	Kerusakan-2
14	Jalan-14	Kerusakan-1
15	Jalan-15	Kerusakan-2
16	Jalan-16	Kerusakan-2
17	Jalan-17	Kerusakan-4
18	Jalan-18	Kerusakan-1
19	Jalan-19	Kerusakan-3
20	Jalan-20	Kerusakan-3
21	Jalan-21	Kerusakan-3
22	Jalan-22	Kerusakan-4
23	Jalan-23	Kerusakan-3
24	Jalan-24	Kerusakan-4



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Perangkat lunak yang telah dibuat dapat digunakan untuk pengelompokan kerusakan jalan dengan menggunakan metode *fuzzy c-means* (FCM). Dengan menggunakan metode *fuzzy c-mean* perangkat lunak dapat mengelompokkan kerusakan jalan berdasarkan kepadatan lalu lintas jalan raya.

5.2 Saran

Berdasarkan pada pengujian yang telah dilakukan pada perangkat lunak yang dibuat, masih banyak kekurangan dan kelemahan sehingga perlu dikembangkan lagi agar kinerjanya lebih baik. Kelebihan pada perangkat lunak pengelompokan dan kerusakan jalan diantaranya:

1. Perangkat lunak yang di buat sangat mudah untuk digunakan.
2. Input data pada perangkat lunak berupa tabel pada excel.
3. out put pada perangkat lunak dapat di tranfer kedalam bentuk excel.

Kekurangan didalam perangkat lunak masih sangat bayak diantaranya:

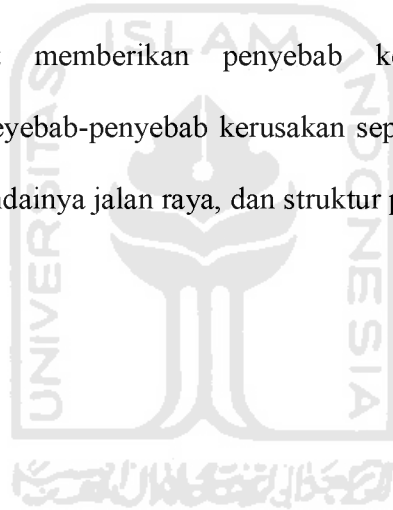
1. Sedikitnya variabel yang dapat dimasukan dan terbatasnya data yang dapat dimasukan untuk pengelompokan kerusakan jalan.
2. Pengelompokan kerusakan hanya terbatas pada kendaraan yang melalui jalan saja tidak pada teknik pengerasan jalan.



3. Perangkat lunak hanya menampilkan jenis kerusakan pada jalan raya tanpa ada solusi untuk pencegahan atau penanganan kerusakan jalan.

Dari kekurangan yang terdapat pada perangkat lunak pengelompokan dan klasifikasi kerusakan jalan maka disarankan :

1. Dapat mengembangkan aplikasi ini dengan menambahkan variabel seperti tipe kendaraan yang lewat, jenis perkerasan jalan dan jenis jalan raya yang akan dikelompokan.
2. Aplikasi dapat memberikan penyebab kerusakan jalan, dengan menampilkan penyebab-penyebab kerusakan seperti kelebihan beban pada jalan, kurang landainya jalan raya, dan struktur pondasi yang kurang baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Kusumadewi, Sri dan Purnomo, Hari. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, Sri. 2003. *Artifisial intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- L. Hendarsin, Shirley. 2000. *Penuntun Praktis Perancangan Teknik Jalan Raya*. Bandung: Politeknik Negri Bandung-Jurusan Teknik Sipil.
- Muhammad Idris, Sri Amelia dan Untung Cahyadi. 2009. *Karakteristik Beban Kendaraan Pada Ruas Jalan Nasional Pantura Jawa dan Jalan Timur Sumatra*. Jurnal pusat penelitian dan pengembangan jalan dan jembatan.
- Taufiq Luthfi, Emha. 2007. *Fuzzy C-mean Untuk Clustering Data (Studi Kasus: Data Performance Mangajar Dosen)*. Seminar Nasional Teknologi.

