

**PENGUNAAN METODE *LOCAL BINARY PATTERN*
DAN *KLASIFIKASI K-NEAREST NEIGHBOR* (KNN)
UNTUK MENGIDENTIFIKASI LUBANG
PADA JALAN ASPAL**

SKRIPSI

Digunakan Sebagai Syarat Maju Ujian Diploma IV
Politeknik Negeri Malang

Oleh:

FATHUR ROMADHON NIM. 1641720007



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI
POLITEKNIK NEGERI MALANG
2020**

**PENGUNAAN METODE *LOCAL BINARY PATTERN*
DAN *KLASIFIKASI K-NEAREST NEIGHBOR* (KNN)
UNTUK MENGIDENTIFIKASI LUBANG
PADA JALAN ASPAL**

SKRIPSI

Digunakan Sebagai Syarat Maju Ujian Diploma IV
Politeknik Negeri Malang

Oleh:

FATHUR ROMADHON NIM. 1641720007



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI
POLITEKNIK NEGERI MALANG
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGUNAAN METODE *LOCAL BINARY PATTERN* DAN *KLASIFIKASI K-NEAREST NEIGHBOR* (KNN) UNTUK MENGIDENTIFIKASI LUBANG PADA JALAN ASPAL

Disusun oleh:

FATHUR ROMADHON NIM. 1641720007

Skripsi ini telah diuji pada tanggal 15 Juni 2020

Disetujui oleh:

1. Penguji I :
2. Penguji II :
3. Pembimbing I : Putra Prima Arhandi, ST., M.Kom.
NIP. 19861103 201404 1 001
4. Pembimbing II : Mustika Mentari S. Kom., M.Kom.
NIP. 19880607 201903 2 016

Mengetahui,

Ketua Jurusan
Teknologi Informasi

Ketua Program Studi
Teknik Informatika

Rudy Ariyanto, ST., MCs.
NIP. 19711110 199903 1 002

Imam Fahrur Rozi, ST., MT
NIP. 198406102008121004

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 2 Maret 2020

Fathur Romadhon

ABSTRAK

Kata Kunci :

ABSTRACT

Keyword:

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT/Tuhan YME atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “PENGUNAAN *METODE LOCAL BINARY PATTERN* DAN *KLASIFIKASI K-NEAREST NEIGHBOR* (KNN) UNTUK MENGIDENTIFIKASI LUBANG PADA JALAN ASPAL”. Skripsi ini penulis susun sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi program Diploma IV Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang.

Kami menyadari bahwasannya dengan tanpa adanya dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak, kegiatan laporan akhir ini tidak akan dapat berjalan baik. Untuk itu, kami ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta keluarga yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan doa.
2. Bapak Rudy Ariyanto, ST., M.Cs., selaku ketua jurusan Teknologi Informasi.
3. Bapak Imam Fahrur Rozi, ST., MT., selaku ketua program studi Teknik Informatika.
4. Bapak Putra Prima Arhandi, ST., M.Kom., dan Ibu Mustika Mentari S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing skripsi yang selalu membimbing dan memotivasi selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ibu Dosen Penguji yang telah membimbing dalam memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian laporan skripsi ini.
6. Siska Avia Anindita Amd.Keb., sebagai kekasih yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi.
7. Dan seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung lancarnya pembuatan Laporan Akhir dari awal hingga akhir yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini, masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan baik itu sistematika penulisan maupun penggunaan bahasa. Untuk itu penulis mengharap saran dan kritik dari berbagai pihak yang bersifat membangun demi penyempurnaan laporan ini. Semoga laporan

ini berguna bagi pembaca secara umum dan bagi penulis secara khusus. Akhir kata, penulis ucapkan banyak terima kasih.

Malang, 20 April 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGATAR	vii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II. LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Studi Penelitian Terdahulu	5
2.2 Pengolahan Citra Digital	5
2.3 Local Binary Pattern.....	6
2.4 Ekstraksi ciri Statistik.....	7
2.5 traksi ciri orde pertama.....	7
2.6 Ekstraksi ciri orde kedua	8
2.7 <i>K-Nearest Neighbor</i> (K-NN).....	10
2.8 Operasi morfologi	10
2.9 Analisis Objek	12
2.10 Pengujian Akurasi	12
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	13

3.1	Metodologi Pengembangan	13
BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN		23
4.1	Analisa Kebutuhan	23
4.2	Pengumpulan Data	24
4.3	Analisi Sistem	27
4.4	Perancangan Sistem.....	27
4.5	Desain Antarmuka.....	37
BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN		40
5.1	Implementasi	40
5.2	Pengujian.....	46
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN		69
6.1	Pengaruh nilai K pada Hasil <i>KNN Euclidean Distance</i>	69
6.2	Perhitungan luas lubang	71
BAB VII KESIMPULAN		73
7.1	Kesimpulan.....	73
7.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN.....		77
BIODATA		78

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Matrix Cooccurence GLCM	17
Tabel 3. 2 Matrix Ternormalisasi.....	17
Tabel 4. 1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	24
Tabel 4. 2 Spesifikasi <i>Software</i>	24
Tabel 4. 3 Tabel Skala.....	29
Tabel 5.1 Pengujian Halaman <i>Training</i>	48
Tabel 5. 2 Pengujian Halaman <i>Testing</i>	50
Tabel 5.3 Pengujian Halaman Calculate Area	51
Tabel 5.4 Pengujian Klasifikasi Citra	67
Tabel 5.5 Pengujian Calculate Area.....	68
Tabel 6.1 Perbandingan K 1	69
Tabel 6.2 Perbandingan K 3	69
Tabel 6.3 Perbandingan K 5.....	69
Tabel 6.4 Perbandingan K 7.....	70
Tabel 6.5 Perbandingan K 9.....	70
Tabel 6.6 Perbandingan K 11	70
Tabel 6.7 Perbandingan K 13.....	70
Tabel 6.8 Perhitungan luas lubang	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Metode <i>Waterfall</i>	13
Gambar 3.2 Penempatan Perangkat Keras Akuisisi Data	14
Gambar 3.3 Operasi dasar LBP.....	15
Gambar 3.4 Nilai Pixel Citra Grayscale dan Pembagian Region.....	15
Gambar 3.5 Matrix 3x3 dan Matrix biner dari citra.....	15
Gambar 3.6 Tekstur citra keseluruhan	16
Gambar 3.7 Matriks asal, matriks hasil LBP	17
Gambar 3.8 Gray Matrix dengan skala intensitas 120 sampai 249.....	17
Gambar 3.9 Alur Sistem Proses Training	20
Gambar 3.10 Alur Sistem Proses Testing	21
Gambar 4.1 Alat Yang Digunakan Dalam Pengambilan Data.....	25
Gambar 4.2 Ukuran.....	26
Gambar 4.3 Skala	27
Gambar 4.4 Alur Tahap Testing.....	28
Gambar 4.5 Alur Resize Citra.....	29
Gambar 4.6 Alur LBP	30
Gambar 4.7 Alur Ekstraksi Fitur	32
Gambar 4.8 Alur Input Klasifikasi.....	33
Gambar 4.9 Tahap Testing	35
Gambar 4.10 Mockup Home.....	37
Gambar 4.11 Mockup Training.....	37
Gambar 4.12 Mockup Testing.....	38
Gambar 4.13 Mockup Calculate	38
Gambar 5.1 Tampilan Awal	40
Gambar 5.2 Halaman Training.....	41
Gambar 5.3 Open File Dialog	41
Gambar 5.4 Proses Training.....	42
Gambar 5.5 Halaman Testing	43
Gambar 5.6 Hasil Perhitungan	43
Gambar 5.7 Halaman Calculate Area.....	44
Gambar 5.8 Citra Warna	44
Gambar 5.9 Citra Binner	45
Gambar 5.10 Citra Erosi	45
Gambar 5.11 Citra Dilasi	46

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai hal-hal yang bersifat umum. Terdapat beberapa sub bab yaitu latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan sarana transportasi darat yang berperan penting dan paling sering digunakan untuk segala aktivitas masyarakat baik dalam mengadakan hubungan perekonomian maupun kegiatan sosial lainnya (RI, 2004). Sehingga kondisi jalan yang baik akan memudahkan segala aktivitas tersebut. Lain halnya jika terjadi kerusakan pada jalan akan berakibat bukan hanya terhalangnya kegiatan ekonomi dan sosial namun akan berpengaruh pada keamanan dan kenyamanan pemakai jalan. Banyak pengemudi menganggap lubang sebagai bahaya saat mengemudi dan tidak hanya merusak mobil, tetapi bahkan bisa menyebabkan kecelakaan. Setiap kali pengemudi memperlambat kendaraannya untuk menghindari adanya lubang, ada kemungkinan terjadi tabrakan dengan kendaraan yang dibelakang, dimana pengemudi itu tidak tahu adanya lubang (Adarsh, Varghese, Krishna, & Philip, 2018).

Dinas Pekerjaan Umum mengungkapkan, proses perbaikan jalan dilakukan melalui tiga tahap, yaitu pencatatan, lelang proyek, dan perbaikan. Salah satu kendala yang menyebabkan lamanya perbaikan kerusakan jalan yaitu proses pencatatan. Pada proses ini, dilakukan pendeteksian dan pendataan tiap-tiap kerusakan. Proses tersebut saat ini dilakukan secara manual dengan bantuan tenaga manusia. Karena proses pendeteksian dan pendataan masih dilakukan secara manual dengan tenaga manusia, waktu yang dibutuhkan relatif lama dan tingkat keakuratannya rendah. Proses tersebut bisa memakan waktu dua pekan untuk jalan sepanjang 1 km (Hidayatullah, Ferizal, Ramadhan, Qadarsih, & Mulyawan, 2012). Oleh karena itu sangat penting bagi Pekerja Dinas Pekerjaan Umum untuk mengevaluasi proses pendeteksian dan pendataan, agar didapat solusi yang membutuhkan waktu relatif cepat dan tingkat keakuratan yang tinggi.

Christian Koch dan Ioannis Brilakis mengungkapkan bahwa lubang jalan memiliki beberapa ciri yaitu secara visual lubang jalan memiliki ciri nampak lebih

gelap jika dibandingkan dengan area sekitarnya dan teksturnya cenderung lebih kasar dibandingkan tekstur jalan di sekeliling lubang (Koch & Brilakis, 2011).

Dalam penelitian ini, penulis ingin memberikan solusi dengan merancang sebuah Aplikasi untuk mengidentifikasi lubang pada jalan aspal. Aplikasi ini menggunakan metode Local Binary Pattern (LBP) untuk transformasi sebagai tahap awal ekstraksi ciri dan menggunakan metode ekstraksi ciri statistik. Hasil dari LBP ini akan diproses pada ekstraksi ciri statistik, sehingga menghasilkan vektor ciri yang dijadikan masukan pada klasifikasi citra dengan menggunakan metode KNN untuk diklasifikasikan ke dalam kelas citra jalan aspal berlubang atau tidak. serta dilakukan segmentasi untuk memisahkan area lubang jalan dengan area sekitarnya, sehingga citra siap dianalisis untuk menghitung jumlah piksel citra guna mengetahui luas lubang pada jalan. Pada beberapa kasus, ekstraksi orde pertama tidak lagi dapat digunakan untuk mengenali perbedaan antar citra, oleh karena itu dibutuhkan pengambilan ciri statistik orde dua atau disebut juga dengan Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM). Salah satu teknik untuk memperoleh ciri statistik orde dua adalah dengan menghitung probabilitas hubungan ketetanggaan antara dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu (Achsani et al., 2015).

Berdasarkan uraian yang disebutkan diatas penulis mengangkat sebuah judul Penggunaan Metode Local Binary Pattern (LBP) dan klasifikasi k-nearest neighbor (KNN) Untuk Mengidentifikasi Lubang Pada Jalan Aspal. Penulis berharap penelitian ini dapat membantu Pekerja Dinas Pekerjaan Umum untuk mempercepat proses pendeteksian dan pengukuran lubang di jalan pada tahap pencatatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi lubang pada jalan aspal?
2. Bagaimana cara menerapkan metode *Local Binary Pattern* (LBP) untuk mengidentifikasi lubang pada jalan aspal ?
3. Bagaimana cara untuk menghitung jumlah piksel citra untuk mengetahui luas lubang pada jalan aspal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan aplikasi ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat sistem yang dapat mengidentifikasi lubang dan mengukur luas lubang pada jalan aspal.
2. Mengetahui akurasi identifikasi lubang pada jalan aspal menggunakan *Local Binary Pattern* (LBP) dan klasifikasi *K – Nearest Neighbor* (KNN).

1.4 Batasan Masalah

Agar skripsi penulis yang berjudul Penggunaan Metode *Local Binary Pattern* (LBP) dan klasifikasi *k-nearest neighbor* (KNN) Untuk Mendeteksi Lubang Pada Jalan Aspal dapat berjalan sesuai dengan rencana dan tujuan awal, maka penulis memberikan batasan-batasan masalah yaitu :

1. Input yang digunakan berupa citra atau gambar jalan
2. Metode yang digunakan adalah *Local Binary Pattern* (LBP) untuk ekstraksi fitur dari lubang.
3. Metode yang digunakan adalah *K - Nearest Neighbor* (KNN) untuk mengidentifikasi lubang pada jalan aspal.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini menggunakan enam bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai hal-hal yang bersifat umum seperti latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi teori-teori yang mendasari dan berkaitan dengan masalah perencanaan dan pembuatan aplikasi yang digunakan untuk memudahkan pemahaman dan pemecahan terhadap masalah yang ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan langkah-langkah yang digunakan penulis untuk memilih metode, teknik, prosedur apa yang tepat, dan tools apa

yang akan digunakan sehingga setiap tahap penelitian dapat dilakukan dengan tepat.

BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN

Bab ini berisi pembahasan mengenai analisis perencanaan dan pembuatan terhadap sistem. Termasuk didalamnya flowchart, usecase, struktur sistem pengolahan citra digital, Class Diagram. Dan desain antarmuka (Interface).

BAB IV IMPLEMTASI DAN PENGUJIAN

Berisi pembahasan mengenai analisis perencanaan, pembuatan terhadap sistem, hasil uji coba aplikasi, jalannya uji coba bertahap sistem yang dikembangkan. Dapat terdiri dari metode uji coba, tujuan uji coba, proses uji coba serta analisa hasil uji coba

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengujian dan saran-saran yang dibutuhkan untuk kesempurnaan sistem sehingga sistem tersebut dapat disempurnakan dan dikembangkan kemudian hari.

BAB II. LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi teori-teori yang mendasari dan berkaitan dengan masalah perencanaan dan pembuatan aplikasi yang digunakan untuk memudahkan pemahaman dan pemecahan terhadap masalah yang ada.

2.1 Studi Penelitian Terdahulu

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan identifikasi lubang pada jalan aspal dengan judul “Sistem Temu Kembali Citra Lubang Jalan Aspal Berdasarkan Tingkat Kerusakan Menggunakan Ekstraksi Fitur Gray Level Co-occurrence Matrix”. Di dalam penelitian tersebut membahas tentang pengolah citra jalan aspal berlubang menggunakan CBIR dengan klasifikasi menggunakan metode Manhattan distance. Hasil dari penelitian tersebut memiliki nilai akurasi yang masih rendah yaitu 44,77% dan nilai MAP 0,558. Akurasi yang rendah tersebut disebabkan karena nilai tekstur pada tingkat kerusakan yang berbeda memiliki kemiripan (Mahardika, Sari, & Dewi, 2018). Penelitian tersebut belum membahas analisa tentang menentukan luas lubang.

2.2 Pengolahan Citra Digital

Secara umum, pengolahan citra digital menunjuk pada pemrosesan gambar 2 dimensi dengan menggunakan komputer. Tujuan utama pengolahan citra adalah agar citra mudah diinterpretasi oleh manusia maupun mesin. Dengan pengolahan citra sebuah citra ditransformasi menjadi citra lain. Citra digital adalah citra yang dapat diolah dengan menggunakan komputer.

Citra digital dapat dikelompokkan ke dalam tiga jenis citra, yaitu:

2.2.1 Citra warna

Citra warna sering disebut juga citra RGB atau citra true color karena dapat merepresentasikan warna objek menyerupai warna aslinya dengan mengkombinasikan ketiga warna dasar yaitu red (R), green (G) dan blue (B). Tiap piksel memiliki tiga nilai kanal yang mewakili tiap komponen warna dasar citra.

2.2.2 Citra grayscale

Citra grayscale merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya, dengan kata lain nilai bagian red = green = blue. Nilai

tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki citra grayscale adalah warna keabuan dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga putih. Citra grayscale dapat diperoleh dari citra RGB. Nilai intensitas citra grayscale (keabuan) dihitung dari nilai intensitas citra RGB dengan menggunakan persamaan (1).

$$\text{Nilai keabuan} = 0,2989 * R + 0,5870 * G + 0,1140 * B \quad (1)$$

2.2.3 Citra biner

Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai piksel yaitu hitam (0) dan putih (1). Citra biner juga disebut sebagai citra bw (black and white) atau citra monokrom. Citra biner sering muncul sebagai hasil dari proses pengambangan (thresholding).

Secara umum, proses pengambangan citra grayscale untuk menghasilkan citra biner adalah sebagai berikut :

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{jika } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{jika } f(x,y) < T \end{cases} \quad (2)$$

dengan $g(x,y)$ adalah citra biner dari citra grayscale $f(x,y)$ dan T menyatakan nilai ambang. Kualitas citra biner yang dihasilkan sangat tergantung pada nilai T yang digunakan (Gonzalez, Woods, & Masters, 2009). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai ambang (T) adalah metode Otsu (Putra, 2010).

2.3 Local Binary Pattern

LBP adalah metode analisis tekstur yang menggunakan model statistika dan struktur (Kurniawardhani, Suciati, & Ariesanti, 2014). LBP pertama kali diperkenalkan oleh Timo Ojala. Operator LBP menggunakan perbandingan nilai keabuan dari piksel-piksel ketetanggaan. Operator dasar LBP berukuran 3×3 menggunakan 8 piksel ketetanggaan i_n dari sebuah piksel tengah i_c . Piksel ketetanggaan ke- n tersebut di-*threshold* menggunakan nilai keabuan dari piksel tengah seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1) dan fungsi *thresholding* $s(x)$ seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2). Kode *binary* hasil operator LBP piksel ketetanggaan akan digunakan untuk merepresentasikan fitur dari piksel tengah i_c (Ojala, Pietikäinen, & Harwood, 1994).

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{n=0}^7 s(i_n - i_c) 2^n \quad (3)$$

$$s(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } f(x) \geq 0 \\ 0 & \text{jika } f(x) < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Keterangan :

P = Sampling Point untuk mewakili jumlah pixel tetangga

R = Radius antara pixel pusat dan pixel tetangga

i_n = Pusat pixel tetangga

i_c = Pixel tengah.

2.4 Ekstraksi ciri Statistik

Ekstraksi ciri dilakukan untuk mendapatkan pola dari suatu citra yang akan dilatih maupun citra yang akan diuji. Metode ekstraksi ciri yang digunakan adalah ekstraksi ciri statistik. Metode ini menggunakan perhitungan statistik distribusi derajat keabuan (histogram). Ekstraksi ciri statistik terbagi menjadi dua yaitu ekstraksi ciri statistik orde pertama dan orde kedua (Hidayat, 2009).

2.5 traksi ciri orde pertama

Ekstraksi ciri orde pertama merupakan metode pengambilan ciri yang didasarkan pada karakteristik histogram citra. Histogram menunjukkan probabilitas kemunculan nilai derajat keabuan piksel pada suatu citra. Dari nilai-nilai pada histogram yang dihasilkan, dapat dihitung beberapa parameter ciri orde pertama, antara lain adalah *mean*, *variance*, *skewness*, *kurtosis*, dan *entropy* (Achsani et al., 2015).

1. *Mean*(μ) yaitu parameter yang menunjukkan ukuran dispersi citra.

$$\mu = \sum_n f_n p(f_n) \quad (5)$$

Dimana f_n merupakan suatu nilai intensitas keabuan, sementara $p(f_n)$ menunjukkan nilai histogramnya (probabilitas kemunculan intensitas tersebut pada citra).

2. *Variance*(σ^2) yaitu parameter yang menunjukkan variasi elemen pada histogram dari suatu citra.

$$\sigma^2 = \sum_n (f_n - \mu)^2 p(f_n) \quad (6)$$

3. *Skewness*(α^3) yaitu parameter yang menunjukkan tingkat kemencengan relatif kurva histogram.

$$\alpha^3 = \frac{1}{\alpha^3} \sum_n (f_n - \mu)^3 p(f_n) \quad (7)$$

4. *Kurtosis*(α^4) yaitu parameter yang menunjukkan tingkat keruncingan relatif kurva histogram.

$$\alpha^4 = \frac{1}{\alpha^4} \sum_n (f_n - \mu)^4 p(f_n) - 3 \quad (8)$$

5. *Entropy*(H) yaitu parameter yang menunjukkan ukuran ketidakaturan bentuk dari suatu citra.

$$H = - \sum_n p(f_n) \cdot \log_2(p(f_n)) \quad (9)$$

2.6 Ekstraksi ciri orde kedua

Salah satu teknik untuk memperoleh ciri statistik orde dua adalah dengan menghitung probabilitas hubungan ketetanggaan antara dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu. Pendekatan ini bekerja dengan membentuk sebuah matriks kookurensi dari data citra, dilanjutkan dengan menentukan ciri sebagai fungsi dari matriks antara tersebut. Kookurensi berarti kejadian bersama, yaitu jumlah kejadian satu level nilai piksel bertetangga dengan satu level nilai piksel lain dalam jarak (d) dan orientasi sudut tertentu. Jarak dinyatakan dalam piksel dan orientasi dinyatakan dalam derajat. Orientasi dibentuk dalam empat arah sudut dengan interval sudut 45° , yaitu 0° , 45° , 90° , dan 135° . Sedangkan jarak antar piksel biasanya ditetapkan sebesar 1 piksel. (Achsani et al., 2015). Robert M. Haralick, K. Shanmugam, dan Itshak Dinstein (Idestio & Wirayuda, 2000), mengusulkan 14 jenis ciri tekstural yang dapat diekstraksi dari matriks kookurensi yang meliputi :*Angular Second Moment, Contrast, Correlation, Variance, Inverse Difference Moment, Sum Average, Sum Variance, Sum Entropy, Entropy, Difference Variance, Difference Entropy, Information Measures of Correlation*, dan *Maximal Correlation Coefficient*.

Dari 14 ciri tekstural yang diusulkan, 6 diantaranya dapat digunakan untuk mendeskripsikan kekasaran dari tekstur, yaitu:

1. Angular Second Moment (ASM)

$$ASM = \sum_i \sum_j \{p(i, j)\}^2 \quad (10)$$

Nilai ASM menunjukkan ukuran sifat homogenitas dari citra. Nilai ASM yang tinggi muncul pada saat tekstur pada citra cenderung seragam.

Dimana $p(i,j)$ merupakan menyatakan nilai pada baris i dan kolom j pada matriks kookurensi.

2. Contrast

$$CON = \sum_k k^2 \left[\sum_i i \sum_j p(i,j) \right] \quad (11)$$

Nilai CON menunjukkan ukuran penyebaran (momen inersia) elemen-elemen matriks citra. Jika letaknya jauh dari diagonal utama, nilai kekontrasan besar. Secara visual, nilai kekontrasan adalah ukuran variasi antar derajat keabuan suatu daerah citra.

3. Correlation

$$COR = \frac{\sum_i \sum_j (ij) \cdot p(i,j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$$

(12)

Nilai COR menunjukkan ukuran ketergantungan linear derajat keabuan citra sehingga dapat memberikan petunjuk adanya struktur linear dalam citra.

Dimana :

μ_i = nilai rata – rata elemen baris pada matriks $P(i,j)$ dinyatakan dengan rumus $\mu_i = \sum_j p(i,j)$

σ_i = nilai standar deviasi elemen baris pada matriks $P(i,j)$ dinyatakan dengan rumus $\sigma_i = \sqrt{\sum_j (i - \mu_i)^2 p(i,j)}$

σ_j = nilai standar deviasi elemen kolom pada matriks $P(i,j)$ dinyatakan dengan rumus $\sigma_j = \sqrt{\sum_i (j - \mu_j)^2 p(i,j)}$

4. Variance

$$Var = \sum_i \sum_j (i - \mu_x)(j - \mu_y)p(i,j) \quad (13)$$

Variance merupakan ukuran penyebaran nilai nilai sekitar rata-rata. Nilai VAR menunjukkan variasi atau dispersi elemen-elemen matriks kookurensi. Citra dengan dispersi derajat keabuan kecil akan memiliki variansi yang kecil pula.

5. Inverse Difference Moment

$$IDM = \sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (i - j)^2} p(i, j) \quad (14)$$

Nilai IDM menunjukkan kehomogenan citra yang berderajat keabuan sejenis. Citra homogen akan memiliki harga IDM yang besar

6. Entropy

$$ENT = - \sum_i \sum_j p(i, j) \log(p(i, j)) \quad (15)$$

Entropy merupakan ukuran ketidakaturan bentuk di dalam tekstur.

2.7 *K-Nearest Neighbor (K-NN)*

Prinsip kerja K-Nearest Neighbor (KNN) adalah mencari jarak terdekat antara data yang akan dievaluasi dengan K tetangga (neighbor) terdekatnya dalam data pelatihan. Pada data latih biasanya diambil lebih dari satu tetangga terdekat dengan data uji kemudian akan digunakan algoritma ini untuk ditentukan kelasnya (Achsani et al., 2015).

Pada penelitian ini digunakan jenis jarak KNN euclidean distance. Distance atau jarak digunakan untuk menentukan tingkat kesamaan (similarity degree) atau ketidaksamaan (disimilarity degree). Tingkat kesamaan berupa suatu nilai score dan berdasarkan score tersebut akan dikatakan mirip atau tidak.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (16)$$

Keterangan:

d = jarak data uji ke data pembelajaran.

i = data uji ke-j, dengan $j = 1, 2, \dots n$.

yj = data pembelajaran ke-j dengan $j = 1, 2, \dots n$.

2.8 Operasi morfologi

Kata morfologi secara sederhana dapat diartikan sebagai bentuk dan struktur suatu objek. Operasi morfologi menggunakan dua input himpunan yaitu suatu citra (pada umumnya citra biner) dan suatu kernel. Khusus dalam morfologi, istilah

kernel biasa disebut elemen pembentuk struktur (structuring element / SE). SE merupakan suatu matriks dan pada umumnya berukuran kecil.

Ada dua operasi dasar morfologi yaitu:

1. Dilasi

Bila suatu objek (citra input) dinyatakan dengan A, SE dinyatakan dengan B serta Bx menyatakan translasi B sedemikian sehingga pusat B terletak pada x, maka operasi dilasi A dengan B dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$(A,B) = A \oplus \{x: Bx \cap A \neq \emptyset\} \quad (17)$$

dengan \emptyset menyatakan himpunan kosong.

Proses dilasi dilakukan dengan membandingkan setiap piksel citra input dengan nilai pusat SE dengan cara melapiskan (superimpose) SE dengan citra sehingga pusat SE tepat dengan posisi piksel citra yang diproses. Jika paling sedikit ada 1 piksel pada SE sama dengan nilai piksel objek (foreground) citra, maka piksel input diset nilainya dengan nilai piksel foreground dan bila semua piksel yang berhubungan adalah background maka piksel input diberi nilai piksel background. Proses serupa dilanjutkan dengan menggerakkan (translasi) SE piksel demi piksel pada citra input.

Semakin besar ukuran SE maka semakin besar perubahan yang terjadi. Efek dilasi terhadap citra biner adalah memperbesar batas dari objek yang ada sehingga objek terlihat semakin besar dan lubang-lubang yang terdapat di tengah objek akan tampak mengecil.

2. Erosi

Operasi erosi dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$(A,B) = A \ominus B = \{x: Bx \subset A\} \quad (18)$$

Sama seperti dilasi, proses erosi dilakukan dengan membandingkan setiap piksel citra input dengan nilai pusat SE dengan cara melapiskan SE dengan citra sehingga pusat SE tepat dengan posisi piksel citra yang diproses. Jika semua piksel pada SE tepat sama dengan semua nilai piksel objek (foreground) citra maka piksel input diset nilainya dengan piksel foreground. Jika tidak, maka piksel input diberi nilai piksel background. Proses serupa dilanjutkan dengan menggerakkan SE piksel demi piksel pada citra input. Proses erosi akan menghasilkan objek yang menyempit

(mengecil). Lubang pada objek juga akan membesar seiring menyempitnya batas objek tersebut.

2.9 Analisis Objek

Analisis objek didasarkan pada ciri khas (feature) geometri pada objek tersebut. Luas atau ukuran merupakan salah satu fitur dari objek di dalam citra dan dapat dihitung menggunakan persamaan (19).

$$Luas = \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n f(i,j) \quad (19)$$

dengan m : jumlah baris piksel citra

n : jumlah kolom piksel citra

(i,j) : koordinat spasial piksel

$f(i,j) = 1$ jika (i,j) adalah piksel objek dalam citra biner

2.10 Pengujian Akurasi

Pengujian Akurasi sistem menggunakan False Acceptance Rate (FAR), False Rejection Rate (FRR), dan akurasi sistem. FAR berguna untuk melihat sejauh mana sistem melakukan kesalahan dalam menerima masukan, dimana citra jalan yang seharusnya terdeteksi tidak berlubang namun terdeteksi berlubang oleh sistem. Sedangkan FRR menunjukkan sistem melakukan kesalahan dalam menolak masukan, dimana citra jalan yang seharusnya terdeteksi berlubang namun terdeteksi tidak berlubang oleh sistem (Achsan et al., 2015).

$$FAR = \frac{\text{jumlah data jalan tidak berlubang terdeteksi berlubang}}{\text{jumlah data jalan berlubang terdeteksi tidak berlubang}} \times 100\% \quad (17)$$

$$FRR = \frac{\text{jumlah data jalan tidak berlubang terdeteksi berlubang}}{\text{jumlah data jalan berlubang terdeteksi tidak berlubang}} \times 100\% \quad (18)$$

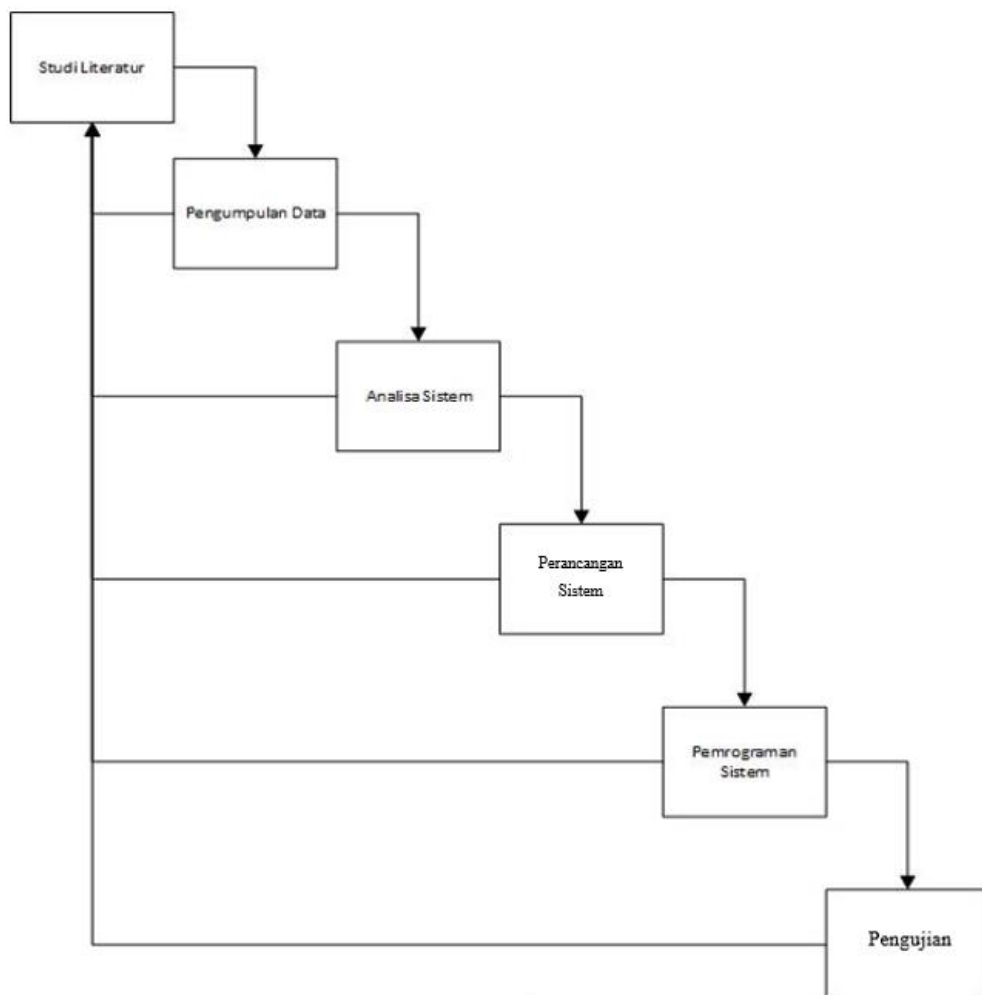
$$\text{akurasi sistem} = \frac{\text{jumlah data benar}}{\text{jumlah data keseluruhan}} \times 100\% \quad (19)$$

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan langkah-langkah perencanaan penelitian. Dengan membuat kerangka konsep penelitian dan menggunakan metode *waterfall* sebagai metodologi pengembangan.

3.1 Metodologi Pengembangan

Metodologi penelitian ini menggunakan metodologi waterfall yang meliputi studi literatur, pengumpulan data, analisa sistem, desain sistem, pemrograman sistem dan pengujian. gambar 1 :



Gambar 3.1 Metode *Waterfall*

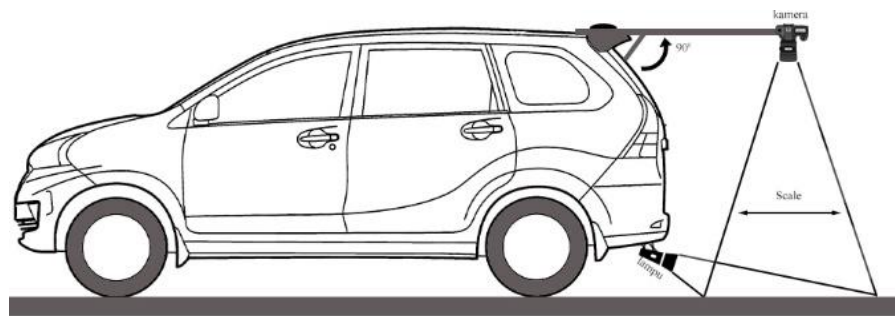
3.1.1 Studi Litelatur

Pada tahap ini merupakan tahap penunjang proses pengembangan sistem yang akan dibuat. Hal tersebut berupa referensi yang relefan dengan kasus yang sama atau relevan. Penulis mencari referensi dari sumber jurnal, buku, dan internet.

3.1.2 Pengumpulan Data

3.1.2.1 Metode Pengumpulan Data

Citra jalan aspal diambil dengan kamera menghadap ke permukaan jalan dengan sudut 90° , dengan jarak yang sudah ditentukan. Perangkat yang digunakan adalah kamera Canon EOS D3200. Kamera dapat dikonfigurasi pada kendaraan mobil berjenis minibus.



Gambar 3.2 Penempatan Perangkat Keras Akuisisi Data

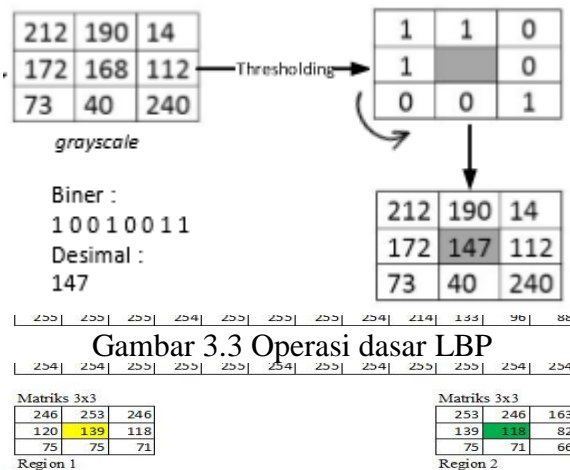
Kondisi ideal pada skenario akuisisi data ini juga menempatkan lampu sorot penerang yang diposisikan menyamping di bagian bawah kendaraan, menghadap ke permukaan jalan yang disorot oleh kamera. Penempatan lampu ini bertujuan untuk meningkatkan brightness pada citra, meningkatkan contrast dari bayangan dan tekstur pada lubang, serta menghilangkan iluminasi cahaya dan / atau bayangan objek lainnya akibat sinar matahari, sehingga meningkatkan akurasi segmentasi pada citra hasil akuisisi (Idestio & Wirayuda, 2013).

3.1.2.2 Metode Pengolahan Data

Data citra jalan beraspal yang masih berupa citra warna, sebelum dilakukan ekstraksi fitur dengan LBP maka data citra hasil resize dikonversi kedalam format *grayscale* untuk memudahkan proses pengolahan citra

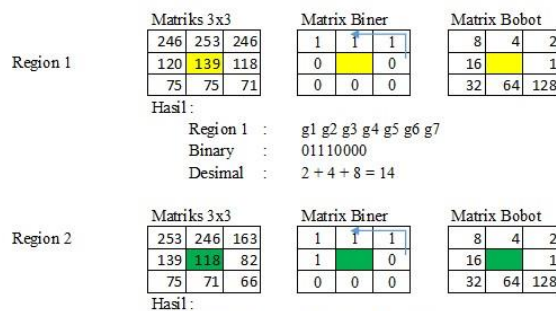
selanjutnya. Fungsi ini menghitung nilai keabuan tiap piksel citra grayscale dari nilai intensitas komponen warna dasar (red, green dan blue) piksel pada citra RGB, sesuai dengan persamaan (1). Kemudian dilakukan transformasi *Local Binary Pattern* (LBP). LBP yang digunakan pola ketetanggan sirkuler. Caranya hitung selisih intensitas pada titik pusat dengan titik tetangga, jika hasil selisih lebih besar dari titik pusat, maka diberi nilai 1 dan sebaliknya. Kemudian nilai disusun searah dengan jarum jam sehingga menjadi bilangan biner 8 bit, setelah itu konversikan bilangan biner ke desimal.

Berikut Proses ekstraksinya :



Gambar 3.4 Nilai Pixel Citra Grayscale dan Pembagian Region

1. Nilai piksel dari citra *grayscale* dipecah ke beberapa *region* matrix 3x3.
2. Nilai pixel citra yang telah dipecah kedalam beberapa bentuk region matrix 3x3 pixel dibandingkan ke setiap nilai *threshold* dari setiap region matrix. pada matrix tersebut yang dinyatakan sebagai nilai *threshold* adalah nilai pixel yang berada di tengah, kemudian nilai pixel



Gambar 3.5 Matrix 3x3 dan Matrix biner dari citra

tetangga yang lebih kecil dari nilai *threshold* tersebut akan dinyatakan dengan nilai biner 0 dan nilai pixel yang lebih besar atau sama dengan nilai *threshold* akan dinyatakan dengan nilai biner 1, hingga didapatkan *matrix biner*. Selanjutnya nilai *binary* yang dihasilkan dituliskan kedalam bentuk *string biner* dengan cara circular dari kanan ke kiri, operasi tersebut diterapkan ke setiap bagian region citra sebagaimana dijelaskan sebelumnya.

3. Setiap string biner yang dihasilkan akan dilakukan penyatuan kembali untuk mendapatkan tekstur citra secara keseluruhan.

Texture Citra keseluruhan

7	4	28	28	62	62	31	15	31	159	239	227
7	14	30	62	62	30	31	30	31	143	195	193
71	30	62	126	126	126	255	255	239	199	195	193
196	252	124	120	248	248	249	241	227	195	131	0
192	248	248	248	248	249	240	241	243	195	135	7
64	112	248	249	240	240	240	240	240	247	143	7
64	112	120	248	240	240	241	224	240	243	247	143
68	112	248	248	240	240	240	240	241	240	242	255
5	80	240	240	240	240	240	240	240	240	240	242
199	197	112	112	112	240	240	248	248	112	112	241
193	247	125	17	209	112	112	240	248	248	252	255
199	255	124	255	7	93	16	112	112	248	248	249
7	223	124	255	255	4	255	253	64	112	248	248
199	7	221	241	112	255	65	17	213	112	112	240
199	255	7	223	124	255	68	255	199	124	241	112

Gambar 3.6 Tekstur citra keseluruhan

Tekstur citra yang didapatkan selanjutnya akan diekstraksi menggunakan ekstraksi fitur GLCM. ekstraksi fitur GLCM akan menghasilkan nilai attribut dari citra yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengklasifikasikan citra berlubang atau tidak.

Langkah Pertama untuk menghitung nilai dari GLCM yaitu menentukan arah dan jarak yang akan digunakan untuk menghitung nilai citra. Selanjutnya menghitung jumlah piksel yang berpasangan yang terbentuk dan kemudian membentuk matrix GLCM. Matrix GLCM yang terbentuk selanjutnya dinormalisasi.

Pada penelitian ini akan digunakan jarak $d = 1$ dengan orientasi sudut $\theta = 0^0$, Berikut proses perhitungan matriks *cooccurrence* dengan jarak $d=1$ dan sudut $\theta = 0^0$

1. Matrix citra hasil pengolahan dari LBP merupakan *gray matrix* untuk diolah dengan menggunakan GLCM, Pada kasus dibawah ini diilustrasikan skala intensitas dari 120 sampai dengan 249.

7	4	28	28	62	62	31	15	31	159	239	227
7	14	30	62	62	30	31	30	31	143	195	193
71	30	62	126	126	126	255	255	239	199	195	193
196	252	124	120	248	248	249	241	227	195	131	0
192	248	248	248	248	249	240	241	243	195	135	7
64	112	248	249	240	240	240	240	240	247	143	7
64	112	120	248	240	240	241	224	240	243	247	143
68	112	248	248	240	240	240	240	241	240	242	255
5	80	240	240	240	240	240	240	240	240	240	242
199	197	112	112	112	240	240	248	248	112	112	241
193	247	125	17	209	112	112	240	248	248	252	255
199	255	124	255	7	93	16	112	112	248	248	249
7	223	124	255	255	4	255	253	64	112	248	248
199	7	221	241	112	255	65	17	213	112	112	240
199	255	7	223	124	255	68	255	199	124	241	112

Gambar 3.7 Matriks asal, matriks hasil LBP

248	248	248	249
248	249	240	240
120	248	240	240
248	248	240	240

Gambar 3.8 Gray Matrix dengan skala intensitas 120 sampai 249

2. Menghitung semua matrix berpasangan untuk sudut $\theta = 0^0$, Sudut 0^0 sama dengan sudut 180^0 .
3. Setelah menentukan setiap pasangan dari matrix, Selanjutnya membentuk matrix GLCM.

<i>i j</i>	120	240	248	249
120	(120,120)=0	(120,240)=0	(120,248)=1	(120,249)=0
240	(240,120)=0	(240,240)=6	(240,248)=2	(240,249)=1
248	(248,120)=1	(248,240)=2	(248,248)=6	(248,249)=2
249	(249,120)=0	(249,240)=1	(249,248)=2	(249,249)=0

<i>i i</i>	120	240	248	249
------------	------------	------------	------------	------------

Tabel 3.1 Matrix Cooccurence GLCM

240	0	0,25	0,0833	0,0417
248	0,0417	0,0833	0,25	0,0833
249	0	0,0417	0,0833	0

4. Langkah selanjutnya, Melakukan normalisasi yaitu matrixGLCMNorm. Jumlah total nilai Matrix GLCM= 24. Berikut tabel hasil normalisasi matrix cooccurrence :

Setelah didapatkan matrix GLCM maka kita dapat kemudian mencari parameter dari proses ekstraksi ciri, beberapa parameter ciri orde pertama, yaitu *mean*, *skewness*, *variance*, *kurtosis*, dan *entropy*. Dan parameter ekstraksi ciri orde kedua yaitu *Angular Second Moment*, *Contrast*, *Correlation*, *Variance*, *Inverse Different Moment*, dan *Entropy* (Achسانی et al., 2015).

Setelah dilakukan ekstraksi ciri lalu parameter didapat direpresentasikan ke dalam fitur dengan nilai tertentu sehingga dapat dikenali dan diinterpretasikan ke dalam kelas lubang atau bukan lubang dengan metode K-NN. Selanjutnya akan dilakukan proses untuk menghitung luas pada jalan berlubang.

Pada citra lubang jalan, kekasaran tekstur permukaan jalan seringkali mempersulit proses segmentasi, karena dengan adanya tekstur tersebut batasan daerah dengan keseragaman intensitas warna menjadi tidak jelas karena tekstur akan dianggap noise. Atas dasar itu metode-metode yang berbasis keseragaman intensitas warna berdasarkan daerah atau lokasi piksel seperti *region-growing*, *split and merge*, *edge detection*, dan *clustering* menjadi tidak optimal. *Thresholding* adalah salah satu metode segmentasi citra berdasarkan penerapan ambang batas terhadap nilai intensitas disetiap piksel. Dari masalah kondisi tekstur citra lubang diatas, metode *Thresholding* akan bekerja lebih optimal, karena tidak memperhatikan daerah atau lokasi piksel. (Nixon & Aguado, 2008). Nobuyuki Otsu mengenalkan metode untuk mengoptimalkan nilai ambang batas dengan melihat kemungkinan objek dan latar belakang melalui penyebaran intensitas pada histogram (Putra, 2010) . Selanjutnya akan dilakukan operasi morfologi yaitu erosi dan dilasi. Proses erosi diterapkan pada citra biner jalan beraspal untuk mengurangi/menghilangkan objek-objek yang tidak diperlukan, proses

selanjutnya dilakukan proses dilasi pada citra-citra tersebut. Hal ini dimaksudkan agar bagian objek yang hilang akibat proses erosi dapat dikembalikan karena bagian objek (piksel-piksel) tersebut termasuk piksel-piksel yang akan dihitung untuk mengetahui luas objek. Penghitungan jumlah piksel objek dilakukan pada citra hasil proses dilasi, piksel yang dihitung adalah piksel yang bernilai 1 (berwarna putih) setelah piksel putih diketahui jumlahnya kemudian dikalikan dengan skala citra sebenarnya. Untuk menghitung luas objek citra (jalan beraspal) dalam satuan m², diperlukan skala yang mewakili ukuran sebenarnya dari citra tersebut. (Favoria Gusa, 2013). Setelah didapat luas melalui proses diatas, luas lubang akan dipakai untuk pendataan dalam proses pencatatan.

3.1.3 Analisis Sistem

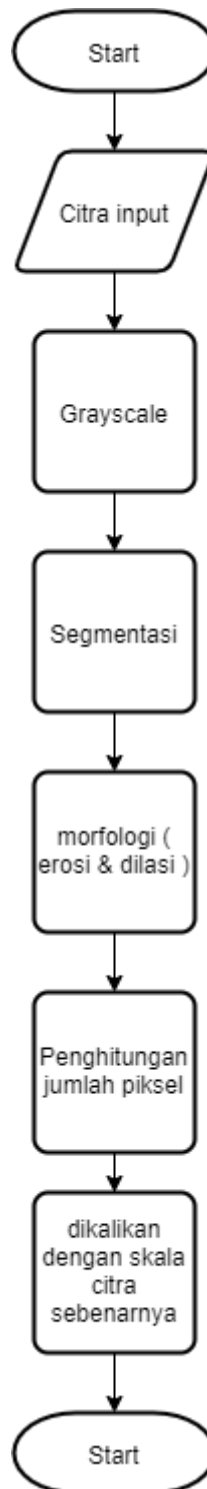
Membuat perancangan perangkat lunak dengan analisa terstruktur dan mengimplementasi hasil rancangan tersebut yaitu mengidentifikasi lubang jalan aspal.

Alur sistem aplikasi yang akan dibuat untuk proses training adalah sebagai berikut :



Gambar 3.9 Alur Sistem
Proses Training

Alur sistem aplikasi yang akan dibuat untuk proses testing adalah sebagai berikut :



Gambar 3.10 Alur Sistem Proses Testing

3.1.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan gambaran proses secara rinci sebuah sistem berjalan dengan tujuan untuk menghasilkan produk perangkat lunak sesuai dengan kebutuhan user.

3.1.5 Pemrograman Sistem

Setelah mengetahui alur sistem yang sesuai dan perancangan sistem sesuai dengan analisa sistem, kemudian dilakukan pemrograman atau pengerjaan aplikasi dengan basis desktop hingga sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

3.1.6 Pengujian

3.1.6.1 Pengujian Unit

Pengujian unit ditujukan untuk memastikan bahwa setiap fungsi berjalan dengan benar sesuai dengan rancangan yang diharapkan dimana strategi pengujiannya menggunakan metode *blackbox*.

3.1.6.2 Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi perhitungan diperlukan untuk menguji tujuan utama dari penelitian ini bahwa dengan menerapkan salah satu metode K-NN sebagai proses klasifikasi dengan menggunakan *feature* tekstur LBP yang didapatkan dari jalan aspal dapat mengklasifikasikan citra jalan aspal tersebut menjadi lubang atau tidak dengan menggunakan persamaan (17), persamaan (18), dan persamaan (19).

BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN

Pada bab ini menjelaskan langkah-langkah analisa dan perancangan penelitian. Dengan membuat kerangka konsep penelitian dan menggunakan tahapan sesuai dengan metodologi penelitian.

4.1 Analisa Kebutuhan

Analisis kebutuhan sistem adalah menentukan dan mengungkapkan kebutuhan sistem. Kebutuhan sistem terbagi menjadi dua yaitu kebutuhan sistem fungsional dan kebutuhan sistem non-fungsional.

4.1.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional adalah kebutuhan-kebutuhan yang memiliki keterkaitan langsung dengan sistem. Kebutuhan fungsional yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

1. User dapat menginputkan citra pada sistem.
2. Sistem dapat menampilkan ekstraksi ciri dari citra.
3. Sistem mampu mengidentifikasi jenis citra jalan yang dianggap berlubang maupun tidak berlubang.
4. Sistem dapat menampilkan jumlah piksel objek lubang pada citra.
5. Sistem mampu menghitung luas pada citra yang berlubang.

4.1.2 Kebutuhan Non-fungsional

Kebutuhan non-fungsional adalah kebutuhan yang tidak secara langsung terkait dengan fitur tertentu di dalam sistem. Kebutuhan non-fungsional terbagi menjadi dua yaitu kebutuhan perangkat keras (*hardware*) dan kebutuhan perangkat lunak (*Software*) sebagai berikut :

1. Kebutuhan Perangkat Keras (*Hardware*)

Adapun perangkat keras yang dibutuhkan untuk mendukung pengoperasian sistem yang dapat memenuhi spesifikasi minimal dari kebutuhan *hardware* sistem. Seperti pada tabel 4.1 di bawah ini:

Komponen	Spesifikasi
Processor	Intel Core i5-8250U
RAM	8 GB

Harddisk	1 TB
Kamera	Canon EOS D3200

Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

2. Kebutuhan Perangkat Lunak (*Software*)

Adapun perangkat lunak yang dibutuhkan agar sistem dapat berjalan dengan baik serta mampu mendukung pengoprasian sistem. Seperti pada tabel 4.2 dibawah ini:

Komponen	Spesifikasi
Sistem Operasi	Microsoft Windows 10
Editor Pemrograman	Microsoft Visual Studio 2017
Dokumentasi dan Penyimpanan Data	Microsoft Office Word dan Excel

Tabel 4.2 Spesifikasi *Software*

4.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian berupa beberapa jenis yaitu jalan berlubang dan jalan tidak berlubang. Dalam proses pengumpulan data, maka diperlukan suatu alat yang digunakan dalam pengambilan data yang berupa citra jalan beraspal tersebut. Berikut ini tahapan pengumpulan yang akan dijelaskan secara rinci :



Gambar 4.1 Alat Yang Digunakan Dalam Pengambilan Data

6.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan untuk pembuatan alat pengambilan data sebagai berikut :

- Mobil
- Kamera Canon EOS

6.2 Langkah – Langkah Pengerjaan

- Siapkan Kamera, pasang pada belakang mobil tengan tongkat menghapap kebawah dengan sudut 90° .

- Lalu aktifkan kamera pada mode video/merekam.
- Jalankan mobil dengan kecepatan rendah.
- Kemudian dilakukan akuisisi data, yaitu proses pengambilan data frame satu-per satu untuk diproses oleh sistem.

Sebelumnya telah disiapkan alat ukur untuk menentukan skala atau ukuran didalam citra, sebagai berikut :



Gambar 4.2 Ukuran



Gambar 4.3 Skala

4.3 Analisi Sistem

Berdasarkan analisis kebutuhan sesuai permasalahan, maka dibangun sebuah sistem yang diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang ada yaitu Sistem untuk mengidentifikais lubang pada jalan aspal. Sistem ini akan diberi nama “POTHOLE DETECTION”. Sistem ini digunakan untuk mempercepat proses pendeteksian dan pengukuran lubang di jalan pada tahap pencatatan, sehingga dapat menjadi alternatif Dinas Pembangunan Umum untuk mempercepat proses perbaikan jalan.

4.4 Perancangan Sistem

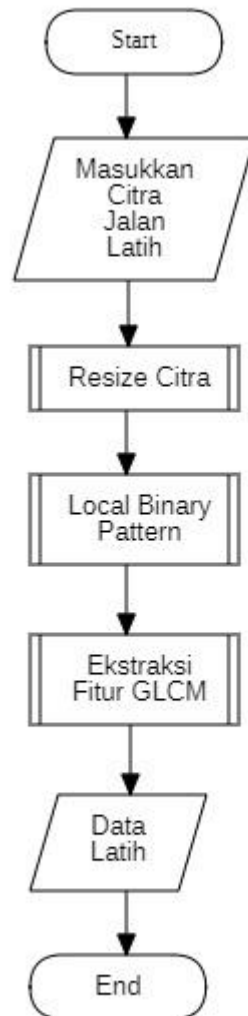
Perancangan sistem merupakan gambaran proses secara rinci sebuah sistem berjalan dengan tujuan untuk menghasilkan produk perangkat lunak sesuai dengan kebutuhan user. Ada beberapa tahap proses untuk pengolahan citra dalam membangun aplikasi ini. Antara lain :

4.4.1 Tahap Trainig

Training dilakukan agar komputer dapat membaca dan menyimpan kriteria citra yang menjadi patokan penentu kriteria citra jalan yang akan diuji. Data yang dijadikan data latih adalah citra jalan yang sudah ditentukan

kriterianya. Di dalam data latih terdapat 2 kriteria jalan, yaitu jalan berlubang dan jalan tidak berlubang

Berikut penjeladan dari tiap alur :



Gambar 4.4 Alur Tahap Testing

1. Masukkan Citra Jalan Latih

Merupakan langkah pengambilan data cira pada media masukan ke dalam sistem. Citra masukan berupa file gambar yang di dalamnya mengandung objek jalan raya dari semua kriteria yang diambil menggunakan kamera Canon EOS, dan sudah diberikan meteran pada saat pengambilan data untuk mengetahui ukuran asli didalam citra, ukuran yang didapat yaitu 115 cm x 100 cm dan ukuran pixel citra yaitu 2264 x 1968 Pixel

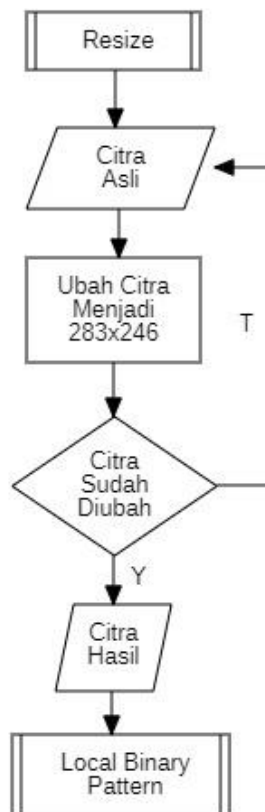
2. Resize Citra

Pada proses selanjutnya citra yang dimasukkan akan diresize menjadi 283 x 246 Pixel. Tetap sesuai skala yang ditentukan .

SIZE			SKALA
width	height		
2264	1968		8
283	246		1

Tabel 4.3 Tabel Skala

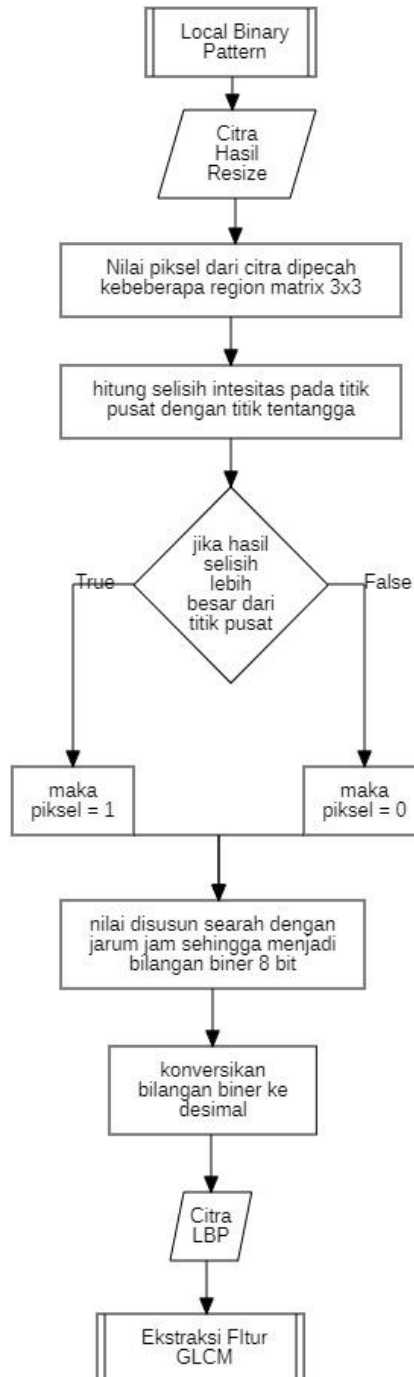
Resize adalah tahap pertama dari preprocessing. Resize dilakukan untuk mempercepat dan memudahkan proses perhitungan (Yulianto Sugandi, 2015). Berikut alur proses dari resizing :



Gambar 4.5 Alur Resize Citra

3. Local Binary Pattern

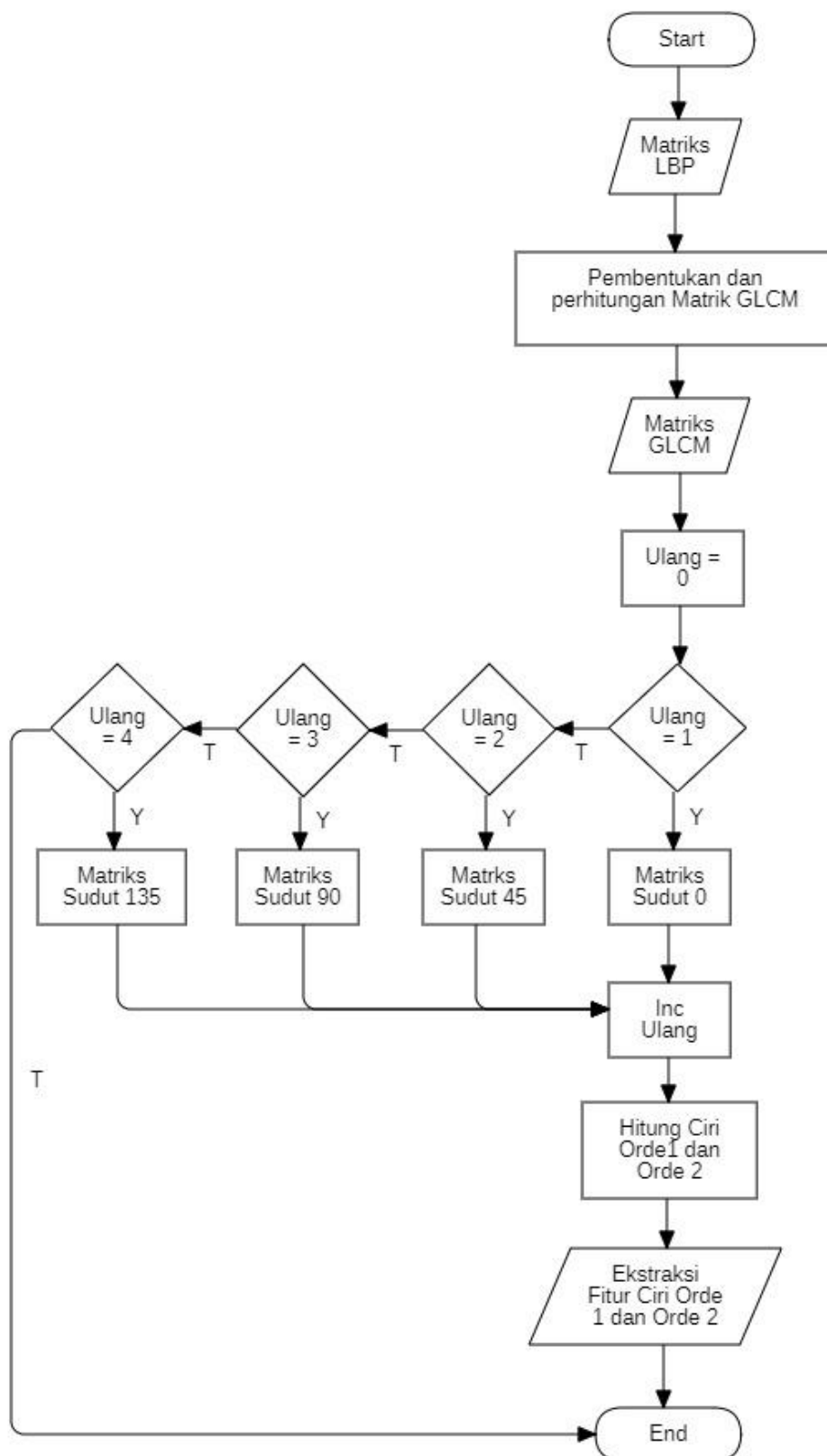
LBP bekerja dengan melakukan pemberian label pixel pada suatu citra berdasarkan thresholding ketetangaan dari setiap pixel dan merepresentasikannya dalam bentuk biner (Azwar & Gorontalo, 2018). Berikut alur proses dari Local Binary Pattern :



Gambar 4.6 Alur LBP

4. Extraksi Fitur

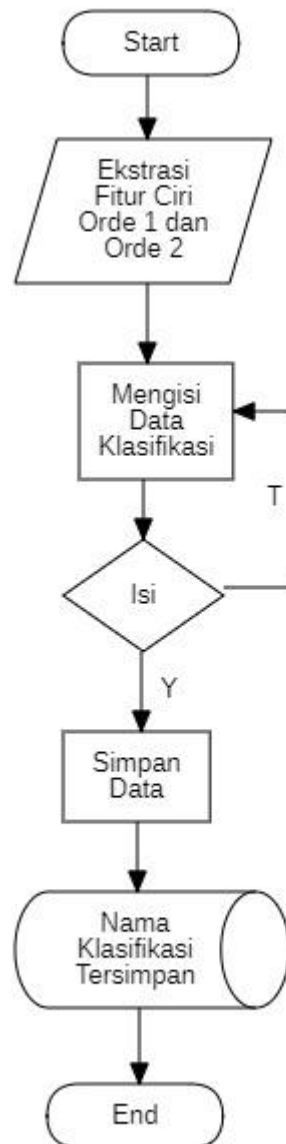
Ekstraksi fitur adalah proses untuk mendapatkan fitur ciri utama yang terdapat pada citra, citra LBP akan menghasilkan matriks, matriks tersebutlah yang akan digunakan pada tahap ini. Dari matrik LBP selanjutnya akan diekstraksi menggunakan ekstraksi fitur GLCM. Tahap ini akan menghitung beberapa parameter ciri orde pertama dan ciri orde kedua, dari ciri orde pertama diambil 5 parameter antara lain adalah *Mean*, *Variance*, *Skewness*, *Kurtosis*, dan *Entropy*. Sedangkan ciri order kedua diambil 6 parameter antara lain adalah *Angular Second Moment*, *Contrast*, *Correlation*, *Variance*, *Inverse Difference Moment*, dan *Entropy* dengan sudut simetri 0, 45, 90 dan 135. Setelah didapatkan semua nilai dari sudut akan dirata-ratakan. Berikut alur proses dari ekstraksi fitur :



Gambar 4.7 A;ur Extraksi Fitur

5. Input Klasifikasi

Nama klasifikasi digunakan untuk menentukan nama klasifikasi yang telah didapatkan nilainya per fitur dari ekstraksi ciri orde 1 dan orde 2. Data klasifikasi yang menjadi patokan akan disimpan dan dibandingkan dengan data uji. Data yang dilatih meliputi 2 kriteria yaitu jalan berlubang dan jalan tidak berlubang. Berikut alur proses dari Input Klasifikasi :

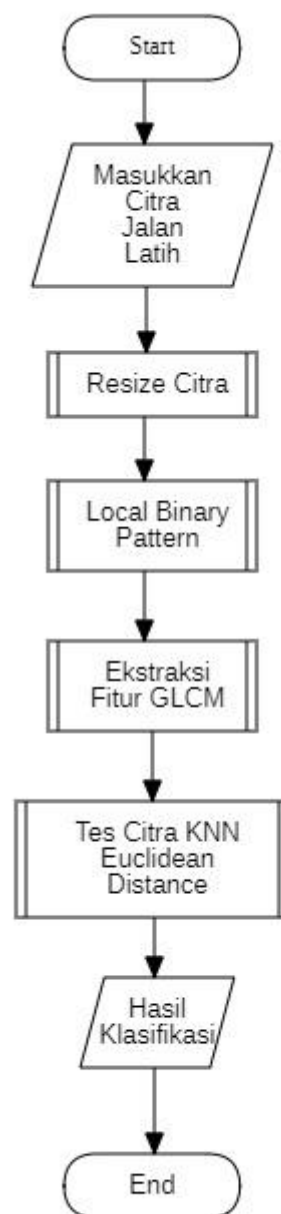


Gambar 4.8 Alur Input Klasifikasi

4.4.2 Tahap Testing

Langkah dalam tahap testing atau pengujian hampir sama seperti menginputkan gambar saat akan *ditraining*. Namun berbeda pada saat pengklasifikasian data. Data latih yang tersimpan kemudian dibandingkan dengan data uji. Proses dimulai dari menginputkan citra jalan, kemudian citra yang telah *diinputkan* akan *diresize* menjadi 283 x 246 Pixel. Kemudian citra ditranformasi menjadi citra LBP.

Dari citra LBP akan didapatkan matriks LBP selanjutnya akan diekstraksi menggunakan ekstraksi fitur GLCM. Tahap ini akan menghitung beberapa parameter ciri orde pertama dan ciri orde kedua, dari ciri orde pertama diambil 5 parameter antara lain adalah *Mean*, *Variance*, *Skewness*, *Kurtosis*, dan *Entropy*. Sedangkan ciri order kedua diambil 6 parameter antara lain adalah *Angular Second Moment*, *Contrast*, *Correlation*, *Variance*, *Inverse Difference Moment*, dan *Entropy* dengan sudut simetri 0, 45, 90 dan 135. Setelah didapatkan semua nilai dari sudut akan dirata-ratakan dan nilai itu nanti akan dijadikan sebagai nilai data uji. Kemudian data uji akan dibandingkan dengan hasil ekstraksi data latih dengan menggunakan KNN *euclidean distance*.

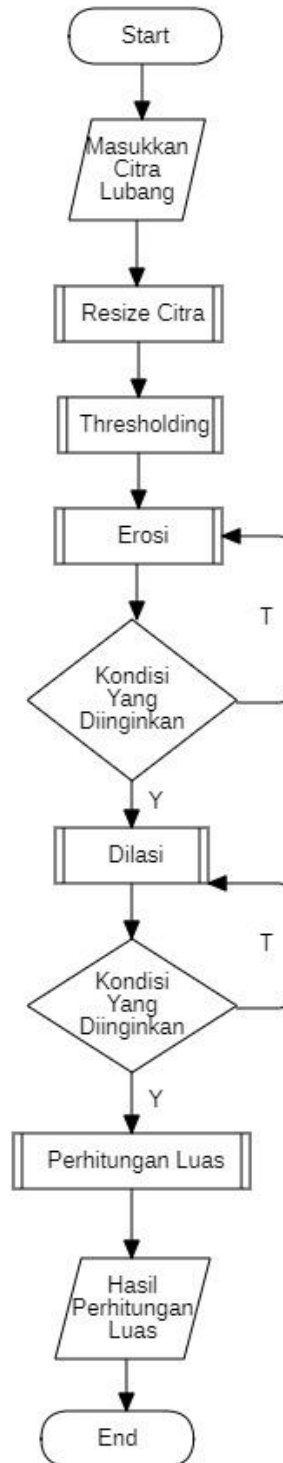


Gambar 4.9 Alur Tahap Testing

Pada tahap testing, hasil ekstraksi dari data uji akan dibandingkan dengan ekstraksi data latih. Pada data latih terdapat 2 kriteria, jadi beberapa data uji yang diinputkan akan dicari nilai terkecil dengan kriteria- kriteria dari data latihnya.

4.4.3 Tahap Perhitungan luas

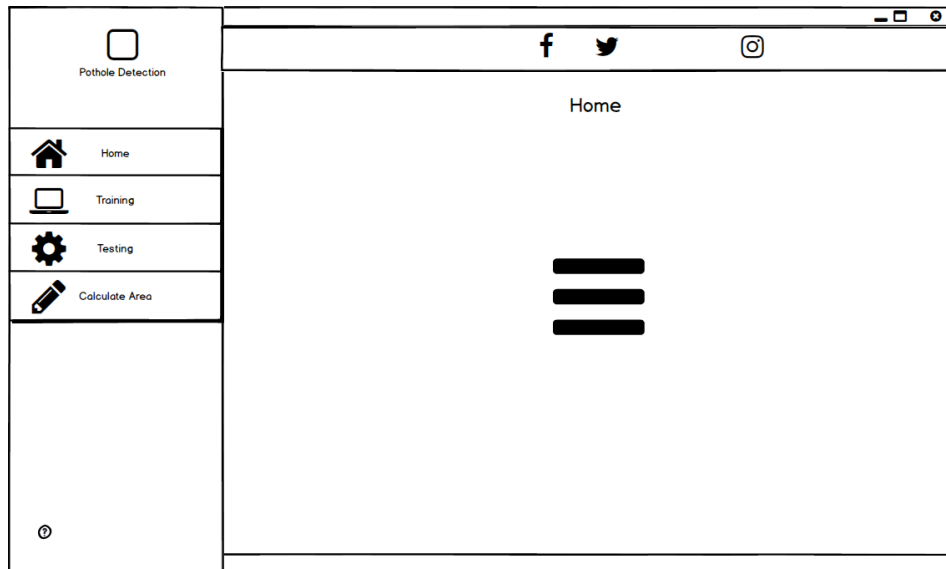
Pada tahap perhitungan luas dilakukan proses untuk menghitung luas pada jalan berlubang. Berikut adalah alur dari tahap perhitungan luas :



Gambar 4.10 Alur Tahap Perhitungan Luas

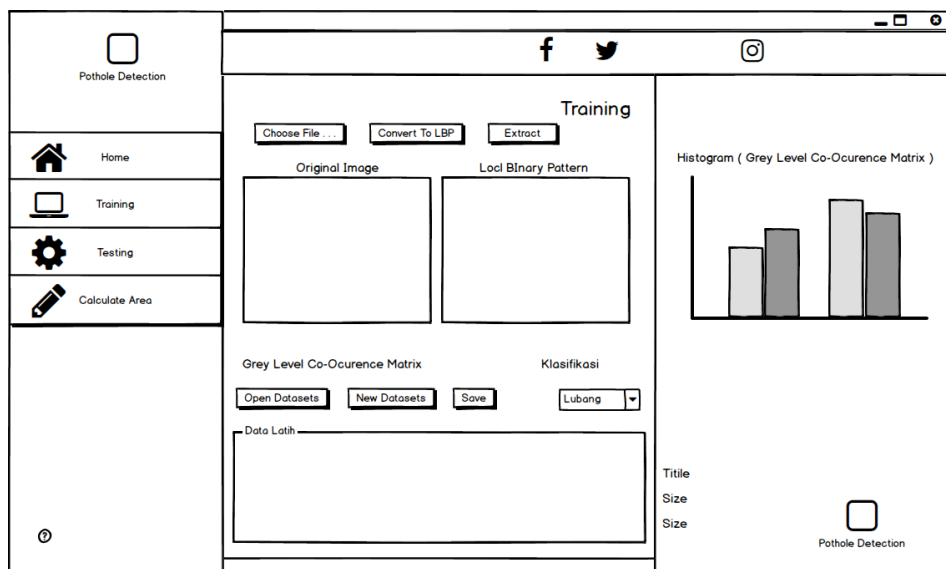
4.5 Desain Antarmuka

Antarmuka pengguna (*user interface*) merupakan bentuk tampilan grafis yang berhubungan dengan pengguna (*user*). Antarmuka pengguna berfungsi untuk menghubungkan atau penterjemah informasi antara pengguna dengan sistem.



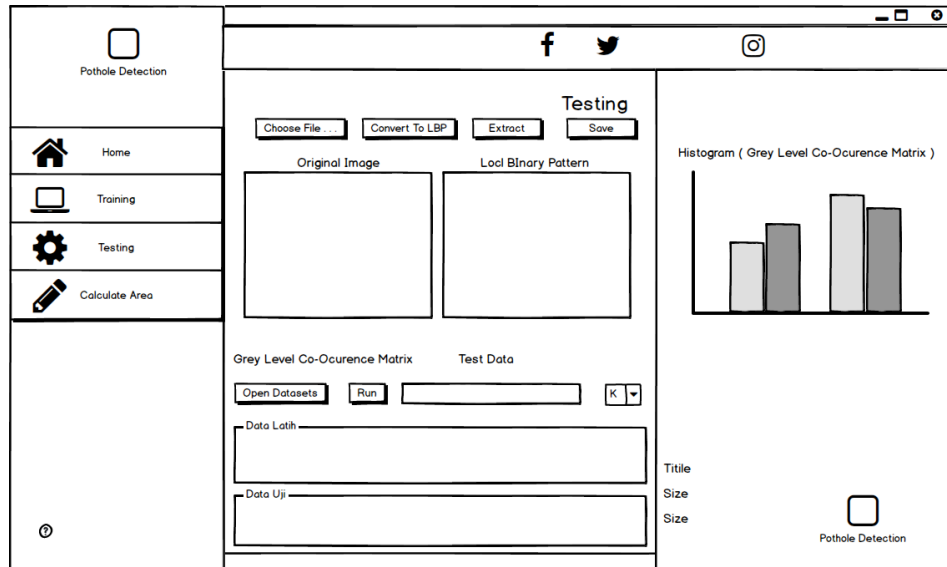
Gambar 4.11 Mockup Home

Gambar diatas adalah tampilan dari mockup home. Yang berisi list menu yang ada pada Aplikasi tersebut serta tampilan welcome home yang berisi gambar retakan. Halaman home adalah halaman yang akan ditampilkan pertama kali ketika aplikasi dijalankan.



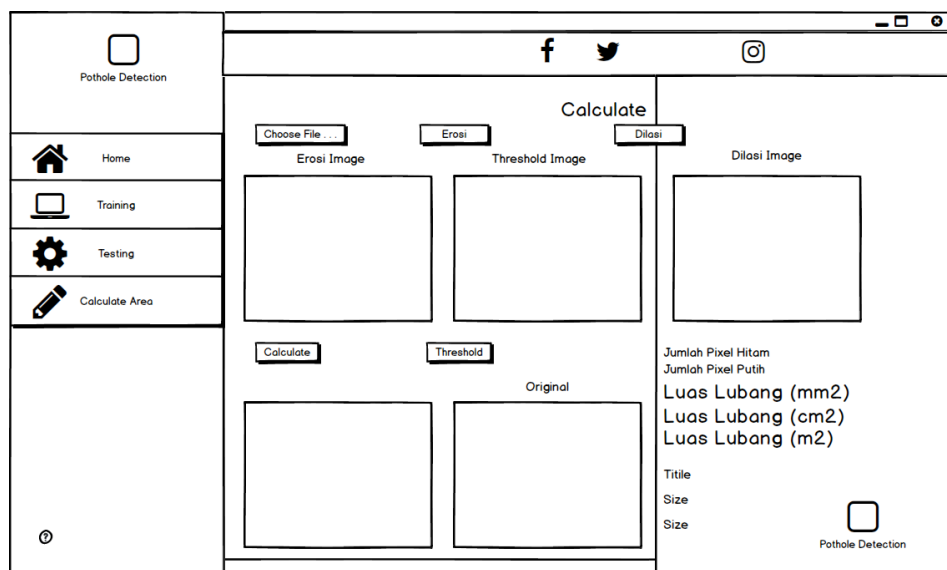
Gambar 4.12 Mockup Training

Gambar diatas adalah tampilan dari mockup training. Yang berisi halaman untuk megolah citra, agar komputer dapat membaca dan menyimpan kriteria citra yang menjadi patokan penentu kriteria citra jalan yang akan diuji.



Gambar 4.13 Mockup Testing

Gambar diatas adalah tampilan dari mockup testing. Isi halaman testing hampir sama dengan halaman training. Ditambah lagi dengan pengolahan data latih yang tersimpan kemudian dibandingkan dengan data uji untuk mengetahui klasifikasi citra.



Gambar 4.14 Mockup Calculate

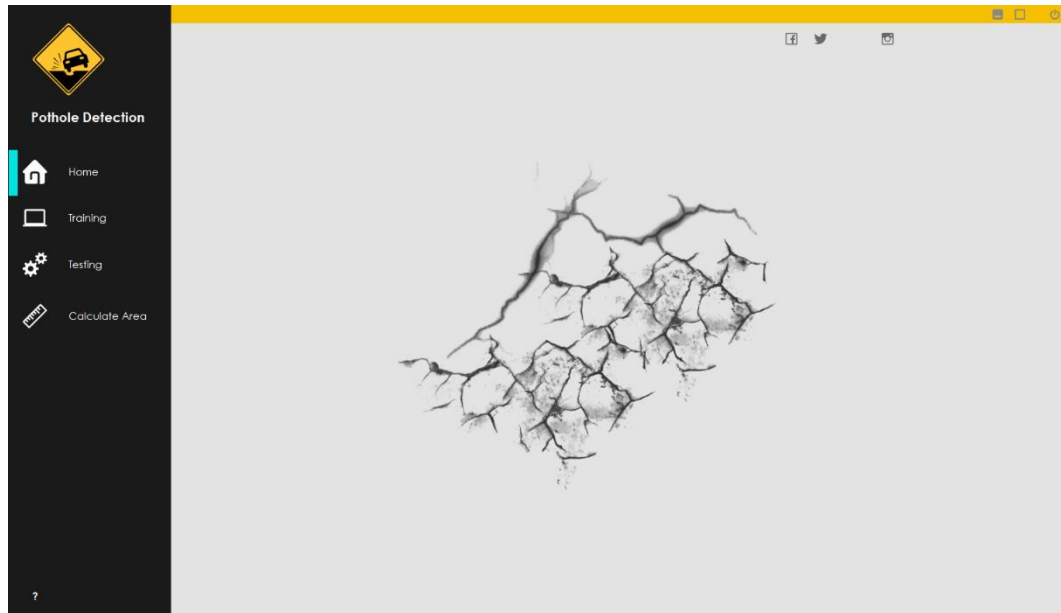
Gambar diatas adalah tampilan dari mockup calculate. Yang berisi halaman untuk mengolah perhitungan luas lubang.

BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

5.1 Implementasi

Bab implementasi menjelaskan tentang pembuatan aplikasi berdasarkan analisa dan perancangan desain sistem yang telah disusun pada bab sebelumnya.

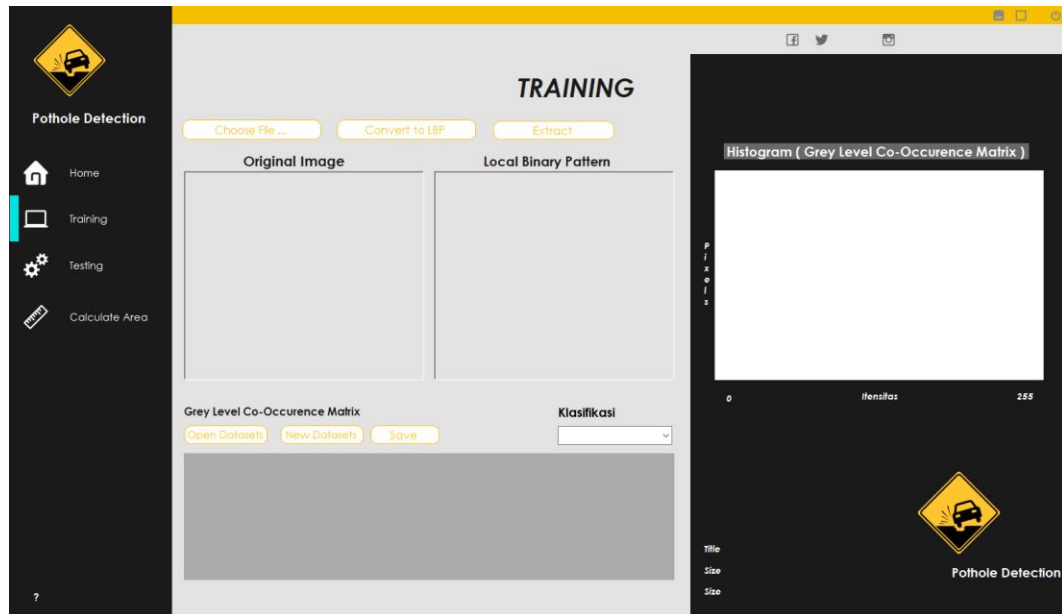
5.1.1 Halaman Awal



Gambar 5.1 Tampilan Awal

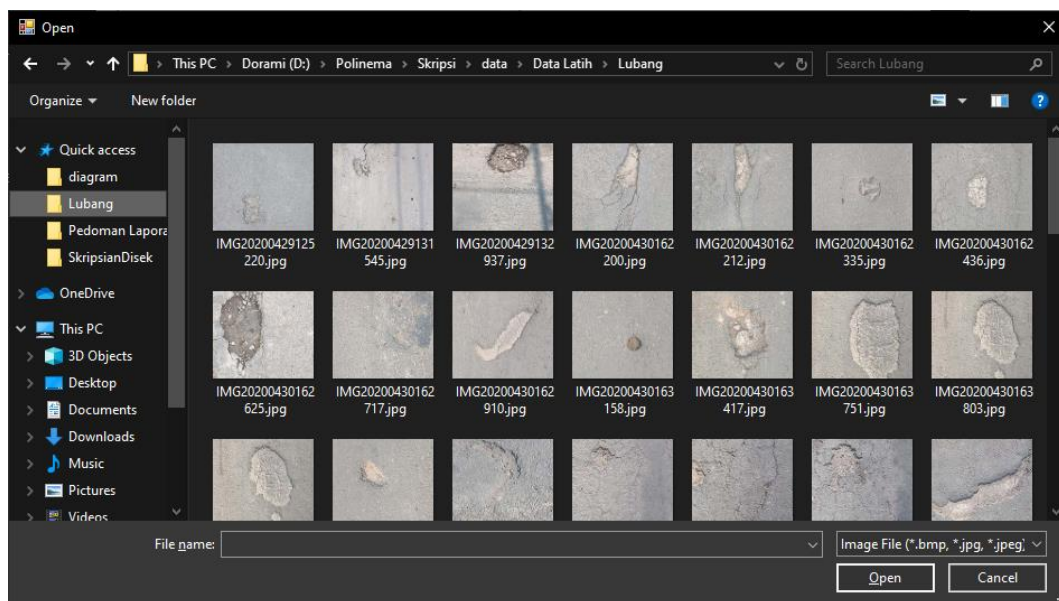
Pada tampilan awal berisi list menu yang ada pada Aplikasi tersebut serta tampilan welcome home yang berisi gambar retakan. Pada halaman ini terdapat 4 button yang masing akan mengarah kehalaman berbeda, button pertama adalah button Home, button ini akan mengarah ke halaman home. Halaman home adalah halaman yang akan ditampilkan pertama kali ketika aplikasi dijalankan. Yang kedua adalah button Training, button ini akan mengarah ke halaman training. Yang ketiga adalah button Testing, button ini akan mengarah ke halaman testing. Dan yang terakhir adalah button Calculate Area, button ini akan mengarah ke halaman calculate.

5.1.2 Halaman *Training*



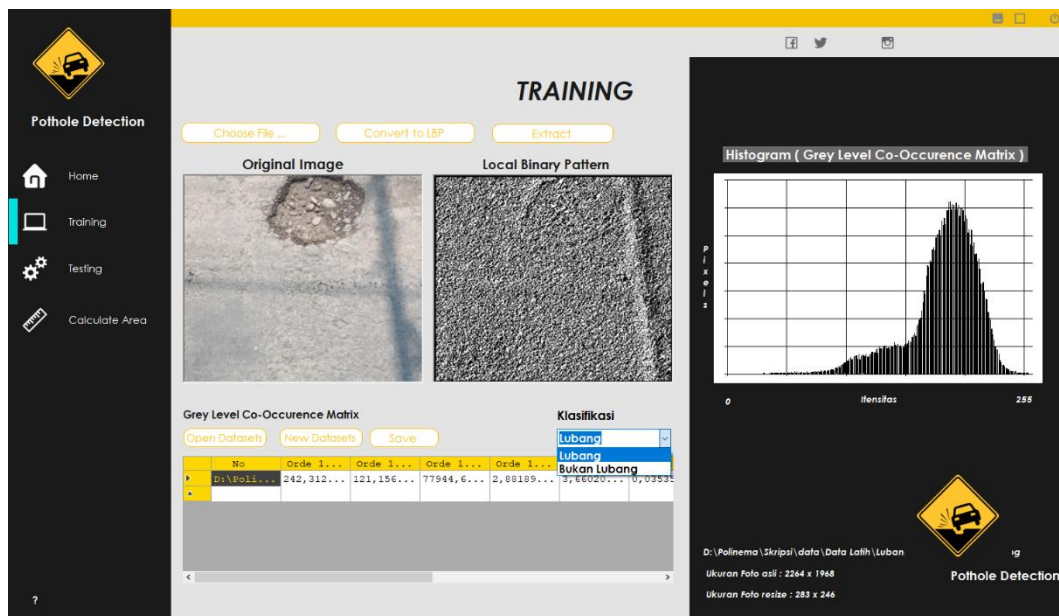
Gambar 5.2 Halaman Training

Menampilkan proses data latih yang disimpan sebagai data pembanding. Pada halaman ini terdapat komponen button Choose File ... yang berfungsi untuk mengimputkan citra yang akan diekstrak ciri fiturnya dan menampilkan histogram dari citra tersebut. Ketika button Choose File ... di klik akan muncul tampilan sebagai berikut :



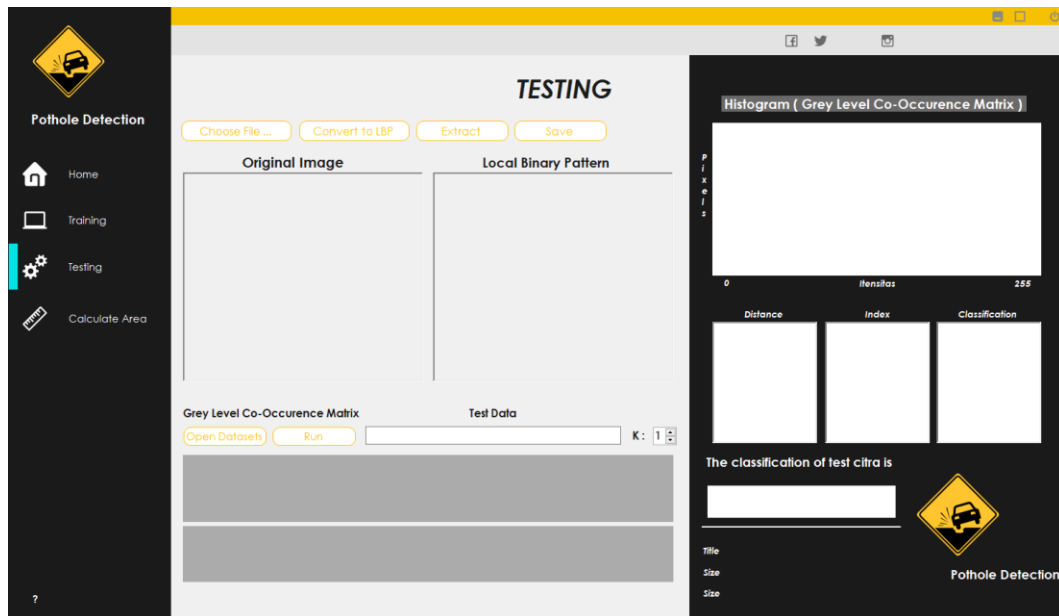
Gambar 5.3 Open File Dialog

Selanjutnya terdapat komponen button Convert To LBP, button ini berfungsi menconvert citra original kedalam bentuk citra LBP, button Extract untuk mengkestrak fitur dari citra, combobox untuk menentukan klasifikasi lubang atau bukan lubang, button Open Datasets untuk membuka data latih yang sudah tersedia, button New Datasets untuk membuat data latih baru, button Save untuk menyimpan data latih, komponen histogram dari citra, dan juga label yang berisi informasi dari citra. Berikut tampilan prosesnya :



Gambar 5.4 Proses Training

5.1.3 Halaman *Testing*



Gambar 5.5 Halaman Testing

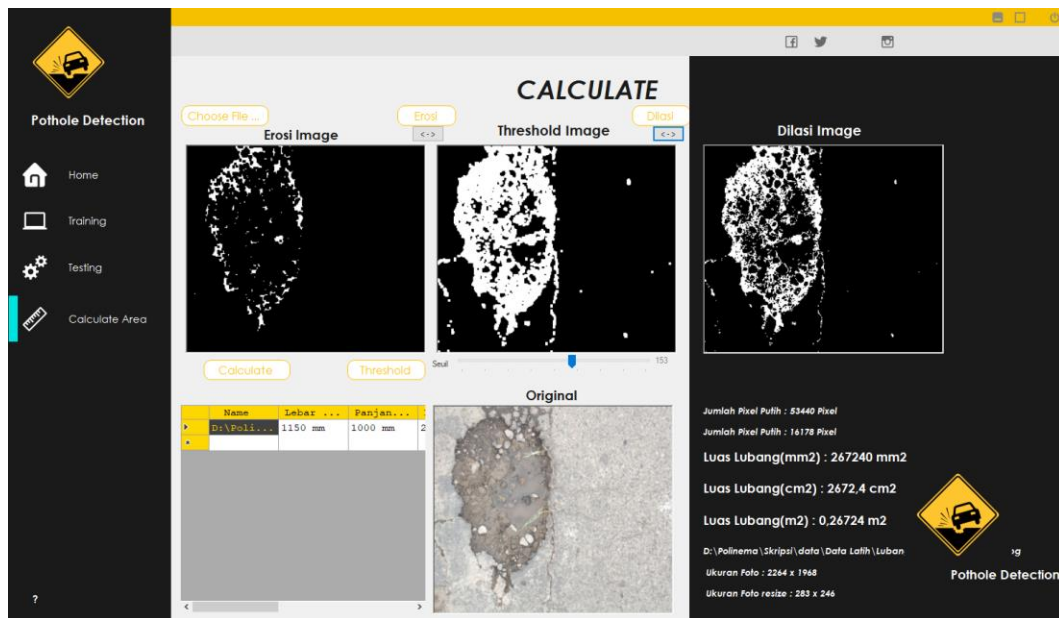
Hampir sama seperti proses pada halaman training, pada halaman testing data uji akan dibandingkan dengan data latih menggunakan KNN *euclidean distance*. Ada beberapa tambahan komponen yaitu button Save untuk menyimpan citra yang diduga sebagai lubang setelah dilakukan klasifikasi, textboxdistance untuk menampilkan *distance* yang didapat, textboxindex untuk menampilkan index beberapa dari distance yang tampil, dan textboxclassification untuk menampilkan klasifikasi dari citra.

Grey Level Co-Occurrence Matrix				Test Data			
Open Datasets		Run		208,22765571587;104,113812599146;72255,0723		K: 1	
No	Orde 1...	Orde 1...	Orde 1...	Orde 1...	Orde 1...	Orde 1...	Orde
D:\Poli...	238,703...	119,351...	75107,1...	2,89297...	3,68948...	0,033	
D:\Poli...	233,665...	116,832...	72894,9...	2,88122...	3,66632...	0,034	
D:\Poli...	229,635...	114,817...	71122,2...	2,87935...	3,66267...	0,035	
Mean	Varian...	Skewness	Kurtosis	Entrop...	Angula...	Cont	
208,227...	104,113...	72255,0...	2,49798...	2,93982...	0,09899...	7216,	

Gambar 5.6 Hasil Perhitungan

Pada gambar 5.6 adalah hasil ekstraksi ciri dari citra yang diproses yaitu *Mean*, *Variance*, *Skewness*, *Kurtosis*, *Entropi*, *ASM*, *Contrast*, *Correlation*, *Variance*, *IDM*, dan *Entropy*.

5.1.4 Halaman *Calculate Area*



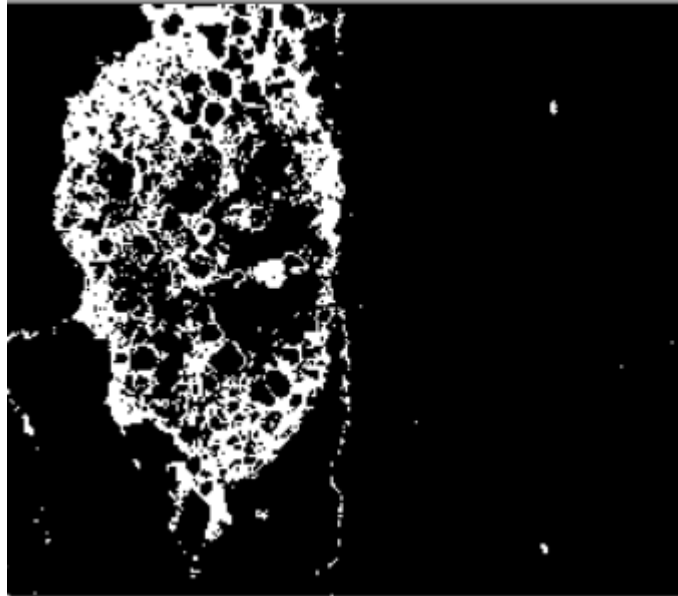
Gambar 5.7 Halaman Calculate Area

Pada tahap perhitungan luas dilakukan proses untuk menghitung luas pada jalan berlubang. Setelah memperoleh kriteria citra adalah lubang, citra asli yang awalnya adalah citra warna (RGB) kemudian diubah menjadi citra biner.



Gambar 5.8 Citra Warna

Pada citra biner yang dihasilkan, daerah lubang dan beberapa bagian citra yang lain menjadi berwarna putih.



Gambar 5.9 Citra Binner

Dalam proses pengolahan citra jalan berlubang, dilakukan operasi morfologi yaitu erosi dan dilasi. Proses erosi diterapkan pada citra biner jalan berlubang untuk mengurangi/menghilangkan objek-objek yang tidak diperlukan dalam proses pengolahan citra. Citra hasil proses erosi ditampilkan dalam Gambar 5. 10.



Gambar 5.10 Citra Erosi

Selanjutnya, dilakukan proses dilasi pada citra hasil erosi tersebut. Hal ini dimaksudkan agar bagian objek yang hilang akibat proses erosi dapat dikembalikan karena bagian objek (piksel-piksel) tersebut termasuk piksel-piksel yang akan dihitung untuk mengetahui luas objek. Citra hasil proses dilasi disajikan dalam Gambar 5. 11



Gambar 5.11 Citra Dilasi

Penghitungan jumlah piksel objek dilakukan pada citra hasil proses dilasi dalam Gambar 5. 11 dengan membuat fungsi khusus. Fungsi ini menghitung jumlah piksel yang bernilai 1 (berwarna putih). Untuk menghitung luas objek citra (jalan berlubang) dalam satuan m², diperlukan skala yang mewakili ukuran sebenarnya dari daerah tersebut. Pada survei lapangan yang dilakukan di awal penelitian, telah diperoleh ukuran panjang dan lebar jalan berlubang dalam satuan meter. Skala dapat dihitung dengan membandingkan ukuran (panjang dan lebar) sebenarnya dari jalan berlubang dan ukuran (panjang dan lebar) objek jalan berlubang. Setelah nilai skala diperoleh, maka luas objek dalam satuan m² dapat diketahui.

5.2 Pengujian

Pengujian merupakan cara atau teknik untuk menguji perangkat lunak, mempunyai mekanisme untuk menentukan data uji yang dapat menguji perangkat lunak secara lengkap dan mempunyai kemungkinan tinggi untuk menemukan kesalahan.

5.2.1 Pengujian Fungsionalitas Sistem

Pada tahap pengujian *system* ini akan menggunakan metode *black box*. Metode *black box* digunakan untuk mendemostrasikan jalanya aplikasi serta menemukan kesalahan aplikasi yang sedang diuji. Metode ini akan menghasilkan kesimpulan berupa hasil pengujian apakah inputan yang dijalankan sesuai dengan outputan yang berjalan.

1. Pengujian Halaman *Training*

No	Halaman	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Halaman <i>Training</i>	User mengeklik button “Choose File”	<ul style="list-style-type: none"> • Akan muncul jendela baru untuk menentukan gambar yang dipilih • Gambar yang dipilih akan tampil pada <i>picture box</i> “Original Image” • Muncul histogram dari gambar yang dipilih 	<p>Sesuai pengujian</p> <p>Sesuai pengujian</p> <p>Sesuai pengujian</p>	<p>Berhasil</p> <p>Berhasil</p> <p>Berhasil</p>
		User mengeklik button “Convert To LBP”	• Gambar diconvert ke LBP dan akan tampil pada <i>picture box</i> “Local Binary Pattern”	Sesuai pengujian	Berhasil
		User memilih klasifikasi di <i>combo box</i> “Klasifikasi”	• Muncul jenis – jenis klasifikasi	Sesuai pengujian	Berhasil
		User mengeklik	• Muncul seluruh hasil perhitungan	Sesuai pengujian	Berhasil

		button “Extract”	ekstraksi beserta klasifikasi pada <i>datagrid view</i> “Datasets”		
		User mengklik button “Save”	• Muncul tampilan jendela penyimpanan data latih	Sesuai pengujian	Berhasil
		User mengklik button “Open Datasets”	• Muncul tampilan jendela folder file data latih. • Data latih yang dipilih akan muncul pada <i>datagrid view</i>	Sesuai pengujian Sesuai pengujian	Berhasil Berhasil
		User mengklik button “New Datasets”	• <i>Datagrid view</i> akan direset dan mengkosongkan tampilan.	Sesuai pengujian	Berhasil

Tabel 5.1 Pengujian Halaman *Training*

2. Pengujian Halaman *Testing*

No	Halaman	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Halaman <i>Testing</i>	User mengklik button “Choose File”	• Akan muncul jendela baru untuk menentukan gambar yang dipilih • Gambar yang dipilih akan tampil	Sesuai pengujian Sesuai pengujian	Berhasil Berhasil

			<p>pada <i>picture box</i> “Original Image”</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muncul histogram dari gambar yang dipilih 	Sesuai pengujian	Berhasil
		User mengeklik button “Convert To LBP”	<ul style="list-style-type: none"> • Gambar diconvert ke LBP dan akan tampil pada <i>picture box</i> “Local Binary Pattern” 	Sesuai pengujian	Berhasil
		User mengeklik button “Extract”	<ul style="list-style-type: none"> • Muncul seluruh hasil perhitungan ekstraksi pada <i>text box</i> “Test Data” dan <i>datagrid view</i> 	Sesuai pengujian	Berhasil
		User mengeklik button “Save”	<ul style="list-style-type: none"> • Muncul tampilan jendela penyimpanan gambar 	Sesuai pengujian	Berhasil
		User mengeklik button “Open Datasets”	<ul style="list-style-type: none"> • Muncul tampilan jendela folder file data latih. • Data latih yang dipilih akan muncul pada <i>datagrid view</i> 	<p>Sesuai pengujian</p> <p>Sesuai pengujian</p>	<p>Berhasil</p> <p>Berhasil</p>
		User mengeklik button “Run”	<ul style="list-style-type: none"> • Muncul semua perhitungan beserta klasifikasi pada label 	Sesuai pengujian	Berhasil

			<i>“The classification of test citra is”</i>		
--	--	--	--	--	--

Tabel 5. 2 Pengujian Halaman *Testing*


3. Pengujian Halaman *Calculate Area*

No	Halaman	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Halaman <i>Calculate Area</i>	User mengeklik button “Choose File”	<ul style="list-style-type: none"> • Akan muncul jendela baru untuk menentukan gambar yang dipilih • Gambar yang dipilih akan tampil pada <i>picture box</i> “Original” 	<p>Sesuai pengujian</p> <p>Sesuai pengujian</p>	<p>Berhasil</p> <p>Berhasil</p>
		User mengeklik button “Threshold”	<ul style="list-style-type: none"> • Gambar diconvert ke citra biner dan akan tampil pada <i>picture box</i> “Threshold Image” 	Sesuai pengujian	Berhasil
		User mengeklik button “Erosi”	<ul style="list-style-type: none"> • Gambar akan di Erosi dan akan tampil pada <i>picture box</i> “Erosi Image” 	Sesuai pengujian	Berhasil


		User mengklik button “Dilasi”	<ul style="list-style-type: none"> Gambar akan di Dilasi dan akan tampil pada <i>picture box</i> “Dilasi Image” 	Sesuai pengujian	Berhasil
		User mengklik button “Calculate”	<ul style="list-style-type: none"> Muncul semua perhitungan beserta Luas Area pada label 	Sesuai pengujian	Berhasil

Tabel 5.3 Pengujian Halaman Calculate Area


5.2.2 Pengujian Klasifikasi Citra


No	Citra Uji	Nilai K	Hasil Yang diharapkan	Ekstraksi	Output	Status
1		1	Lubang	Orde 1 Mean = 241,8702683	Lubang	Sesuai
		3	Lubang	Orde 1 Variance = 120,9351189	Lubang	Sesuai
		5	Lubang	Orde 1 Skewness = 77955,9395	Lubang	Sesuai
		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,892213322	Lubang	Sesuai
		9	Lubang	Orde 1 Entropy = 3,672175349	Lubang	Sesuai
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,034885766	Lubang	Sesuai
		13	Lubang	Orde 2 Contrast = 18360,94751	Lubang	Sesuai
				Orde 2 Correlation = 22766069,07		
				Orde 2 Variance =		

				120,9351189		
				Orde 2 IDM =		
				0,204858616		
				Orde 2 Entropy =		
				3,672175349		


2		1	Lubang	Orde 1 Mean = 244,9573729	Lubang	Sesuai
		3	Lubang	Orde 1 Variance = 122,4786712	Lubang	Sesuai
		5	Lubang	Orde 1 Skewness = 77684,56434	Lubang	Sesuai
		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,861820719	Lubang	Sesuai
		9	Lubang	Orde 1 Entropy = 3,653418434	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,034816157	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
		13	Lubang	Orde 2 Contrast = 19632,68292	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
				Orde 2 Correlation = 22419952,92		
				Orde 2 Variance = 122,4786712		
				Orde 2 IDM = 0,166307753		
				Orde 2 Entropy = 3,653418434		

3		1	Lubang	Orde 1 Mean = 244,6094174	Lubang	Sesuai
		3	Lubang	Orde 1 Variance = 122,3046934	Lubang	Sesuai
		5	Lubang	Orde 1 Skewness = 78086,05985	Lubang	Sesuai


		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,872574014	Lubang	Sesua i
		9	Lubang	Orde 1 Entropy = 3,660816901	Lubang	Sesua i
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,034394827	Lubang	Sesua i
		13	Lubang	Orde 2 Contrast = 17525,00722	Lubang	Sesua i
				Orde 2 Correlation = 23525156,63		
				Orde 2 Variance = 122,3046934		
				Orde 2 IDM = 0,201189257		
				Orde 2 Entropy = 3,660816901		


4		1	Lubang	Orde 1 Mean = 237,9857236	Lubang	Sesua i
		3	Lubang	Orde 1 Variance = 118,9928465	Lubang	Sesua i
		5	Lubang	Orde 1 Skewness = 76124,38107	Lubang	Sesua i
		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,878055419	Lubang	Sesua i
		9	Lubang	Orde 1 Entropy = 3,642951996	Lubang	Sesua i
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,036984895	Lubang	Sesua i
		13	Lubang	Orde 2 Contrast = 19155,19902	Lubang	Sesua i
				Orde 2 Correlation = 21128474,69		
				Orde 2 Variance =		

				118,9928465		
				Orde 2 IDM =		
				0,202133843		
				Orde 2 Entropy =		
				3,642951996		


5		1	Lubang	Orde 1 Mean = 242,746499	Lubang	Sesuai
		3	Lubang	Orde 1 Variance = 121,3732342	Lubang	Sesuai
		5	Lubang	Orde 1 Skewness = 76128,84096	Lubang	Sesuai
		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,878055419	Lubang	Sesuai
		9	Lubang	Orde 1 Entropy = 3,680088017	Lubang	Sesuai
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,033039138	Lubang	Sesuai
		13	Lubang	Orde 2 Contrast = 17322,9483	Lubang	Sesuai
				Orde 2 Correlation = 23429758,5		
				Orde 2 Variance = 121,3732342		
				Orde 2 IDM = 0,192000808		
				Orde 2 Entropy = 3,680088017		


6		1	Lubang	Orde 1 Mean = 243,9361295	Lubang	Sesuai
		3	Lubang	Orde 1 Variance = 121,9680495	Lubang	Sesuai
		5	Lubang	Orde 1 Skewness = 77532,37782	Lubang	Sesuai

		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,887401505	Lubang	Sesuai
		9	Lubang	Orde 1 Entropy = 3,688005504	Lubang	Sesuai
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,033102096	Lubang	Sesuai
		13	Lubang	Orde 2 Contrast = 17989,24664	Lubang	Sesuai
				Orde 2 Correlation = 23456230,14		
				Orde 2 Variance = 121,9680495		
				Orde 2 IDM = 0,196958042		
				Orde 2 Entropy = 3,688005504		


7		1	Lubang	Orde 1 Mean = 236,5971665	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
		3	Lubang	Orde 1 Variance = 118,298568	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
		5	Lubang	Orde 1 Skewness = 74990,69942	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,891607579	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
		9	Lubang	Orde 1 Entropy = 3,670181338	Lubang	Sesuai
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,034743655	Lubang	Sesuai
		13	Lubang	Orde 2 Contrast = 18163,44531	Lubang	Sesuai
				Orde 2 Correlation = 21777124,56		
				Orde 2 Variance =		

				118,298568		
				Orde 2 IDM =		
				0,198848954		
				Orde 2 Entropy =		
				3,670181338		


8		1	Lubang	Orde 1 Mean = 243,5587322	Lubang	Sesuai
		3	Lubang	Orde 1 Variance = 121,7793509	Lubang	Sesuai
		5	Lubang	Orde 1 Skewness = 78348,9607	Lubang	Sesuai
		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,879982825	Lubang	Sesuai
		9	Lubang	Orde 1 Entropy = 3,659190734	Lubang	Sesuai
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,035323463	Lubang	Sesuai
		13	Lubang	Orde 2 Contrast = 18928,07405	Lubang	Sesuai
				Orde 2 Correlation = 22517622,29		
				Orde 2 Variance = 121,7793509		
				Orde 2 IDM = 0,19326889		
				Orde 2 Entropy = 3,659190734		


9		1	Lubang	Orde 1 Mean = 243,8233032	Lubang	Sesuai
		3	Lubang	Orde 1 Variance = 121,9116364	Lubang	Sesuai
		5	Lubang	Orde 1 Skewness = 77884,49869	Lubang	Sesuai
		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis =	Lubang	Sesuai

				2,894787767		
		9	Lubang	Orde 1 Entropy =	Lubang	Sesuai
				3,687079752		
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Lubang	Sesuai
				0,033610209		
		13	Lubang	Orde 2 Contrast =	Lubang	Sesuai
				19108,45307		
				Orde 2 Correlation =		
				22834753,85		
				Orde 2 Variance =		
				121,9116364		
				Orde 2 IDM =		
				0,183245498		
				Orde 2 Entropy =		
				3,687079752		


10		1	Lubang	Orde 1 Mean =	Lubang	Sesuai
				243,7655466		
		3	Lubang	Orde 1 Variance =	Lubang	Sesuai
				121,882758		
		5	Lubang	Orde 1 Skewness =	Lubang	Sesuai
				77640,4101		
		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis =	Lubang	Sesuai
				2,884426413		
		9	Lubang	Orde 1 Entropy =	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
				3,67572497		
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
				0,034109005		
		13	Lubang	Orde 2 Contrast =	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
				19723,52048		
				Orde 2 Correlation =		
				22349256,42		
				Orde 2 Variance =		
				121,882758		
				Orde 2 IDM =		

				0,171639373		
				Orde 2 Entropy =		
				3,67572497		


11		1	Lubang	Orde 1 Mean = 243,2619747	Lubang	Sesuai
		3	Lubang	Orde 1 Variance = 121,6309721	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
		5	Lubang	Orde 1 Skewness = 77568,06182	Lubang	Sesuai
		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,891434297	Lubang	Sesuai
		9	Lubang	Orde 1 Entropy = 3,681763895	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,033773861	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
		13	Lubang	Orde 2 Contrast = 19713,40861	Bukan Lubang	Tidak Sesuai
				Orde 2 Correlation = 22377544,13		
				Orde 2 Variance = 121,6309721		
				Orde 2 IDM = 0,174778661		
				Orde 2 Entropy = 3,681763895		


12		1	Lubang	Orde 1 Mean = 250,4770455	Lubang	Sesuai
		3	Lubang	Orde 1 Variance = 125,2385075	Lubang	Sesuai
		5	Lubang	Orde 1 Skewness = 82132,51256	Lubang	Sesuai
		7	Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,857142273	Lubang	Sesuai

		9	Lubang	Orde 1 Entropy =	Lubang	Sesuai
				3,613487375		
		11	Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Lubang	Sesuai
				0,038153567		
		13	Lubang	Orde 2 Contrast =	Lubang	Sesuai
				20686,91607		
				Orde 2 Correlation =		
				22500152,28		
				Orde 2 Variance =		
				125,2385075		
				Orde 2 IDM =		
				0,184827876		
				Orde 2 Entropy =		
				3,613487375		


13		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean =	Bukan Lubang	Sesuai
				121,5034828		
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance =	Bukan Lubang	Sesuai
				121,5034828		
		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness =	Bukan Lubang	Sesuai
				77221,62367		
		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis =	Bukan Lubang	Sesuai
				2,895037369		
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy =	Bukan Lubang	Sesuai
				3,694049742		
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Bukan Lubang	Sesuai
				0,033078992		
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast =	Bukan Lubang	Sesuai
				19121,81374		
				Orde 2 Correlation =		
				22794876,11		
				Orde 2 Variance =		
				121,5034828		
				Orde 2 IDM =		
				0,175974995		

			Orde 2 Entropy =		
			3,694049742		


14		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean = 241,6803273	Bukan Lubang	Sesuai
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance = 120,8401484	Bukan Lubang	Sesuai
		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness = 76700,92996	Bukan Lubang	Sesuai
		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,883875429	Bukan Lubang	Sesuai
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy = 3,6747113	Bukan Lubang	Sesuai
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,034228313	Bukan Lubang	Sesuai
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast = 19439,0582	Bukan Lubang	Sesuai
				Orde 2 Correlation = 22043051,17		
				Orde 2 Variance = 120,8401484		
				Orde 2 IDM = 0,17685509		
				Orde 2 Entropy = 3,6747113		

15		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean = 232,797711	Lubang	Tidak Sesuai
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance = 116,3988402	Bukan Lubang	Sesuai
		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness = 72054,05837	Bukan Lubang	Sesuai
		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,879498509	Bukan Lubang	Sesuai
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy =	Bukan Lubang	Sesuai


				3,667855144		
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Bukan Lubang	Sesuai
				0,034648993		
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast =	Bukan Lubang	Sesuai
				19913,80259		
				Orde 2 Correlation =		
				19998602,13		
				Orde 2 Variance =		
				116,3988402		
				Orde 2 IDM =		
				0,165841231		
				Orde 2 Entropy =		
				3,667855144		


16		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean =	Bukan Lubang	Sesuai
				242,2353572		
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance =	Bukan Lubang	Sesuai
				121,1176633		
		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness =	Bukan Lubang	Sesuai
				78089,98993		
		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis =	Bukan Lubang	Sesuai
				2,8387083		
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy =	Bukan Lubang	Sesuai
				3,579717225		
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Bukan Lubang	Sesuai
				0,040494393		
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast =	Bukan Lubang	Sesuai
				21209,41049		
				Orde 2 Correlation =		
				20281343,6		

				Orde 2 Variance		
				=		
				121,1176633		
				Orde 2 IDM =		
				0,183443669		
				Orde 2 Entropy		
				=		
				3,579717225		


17		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean =	Bukan Lubang	Sesuai
				225,4093992		
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance =	Bukan Lubang	Sesuai
				112,7046843		
		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness =	Bukan Lubang	Sesuai
				68669,91247		
		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis =	Bukan Lubang	Sesuai
				2,886291799		
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy =	Bukan Lubang	Sesuai
				3,677547382		
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Bukan Lubang	Sesuai
				0,03415444		
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast =	Bukan Lubang	Sesuai
				16887,5001		
				Orde 2 Correlation =		
				20150613,37		
				Orde 2 Variance =		
				112,7046843		
				Orde 2 IDM =		
				0,207177398		
				Orde 2 Entropy =		
				3,677547382		

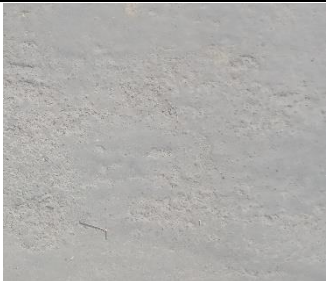
18		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean =	Bukan Lubang	Sesuai
				244,8415707		
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance =	Lubang	Tidak Sesuai
				122,4207701		

		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness = 78178,63862	Bukan Lubang	Sesuai
		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,825669892	Bukan Lubang	Sesuai
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy = 3,586988025	Bukan Lubang	Sesuai
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,038527994	Bukan Lubang	Sesuai
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast = 19284,80623	Bukan Lubang	Sesuai
				Orde 2 Correlation = 21746567,17		
				Orde 2 Variance = 122,4207701		
				Orde 2 IDM = 0,182939128		
				Orde 2 Entropy = 3,586988025		


19		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean = 223,9449119	Bukan Lubang	Sesuai
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance = 111,9724407	Bukan Lubang	Sesuai
		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness = 68095,77927	Bukan Lubang	Sesuai
		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis = 2,887286374	Bukan Lubang	Sesuai
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy = 3,679772346	Bukan Lubang	Sesuai
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy = 0,034328793	Bukan Lubang	Sesuai
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast = 17007,43244	Bukan Lubang	Sesuai
				Orde 2 Correlation = 19818618,46		

				Orde 2 Variance =		
				111,9724407		
				Orde 2 IDM =		
				0,20458741		
				Orde 2 Entropy =		
				3,679772346		


20		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean =	Bukan Lubang	Sesuai
				217,667989		
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance =	Bukan Lubang	Sesuai
				108,8339792		
		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness =	Bukan Lubang	Sesuai
				65273,42778		
		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis =	Bukan Lubang	Sesuai
				2,857489988		
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy =	Bukan Lubang	Sesuai
				3,632331386		
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Bukan Lubang	Sesuai
				0,037641374		
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast =	Bukan Lubang	Sesuai
				17271,22881		
				Orde 2 Correlation =		
				17799110,22		
				Orde 2 Variance =		
				108,8339792		
				Orde 2 IDM =		
				0,209540774		
				Orde 2 Entropy =		
				3,632331386		


21		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean =	Bukan Lubang	Sesuai
				218,8778155		
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance =	Bukan Lubang	Sesuai
				109,4388925		
		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness =	Bukan Lubang	Sesuai
				65853,74262		

		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis =	Bukan Lubang	Sesuai
				2,863789037		
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy =	Bukan Lubang	Sesuai
				3,642995933		
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Bukan Lubang	Sesuai
				0,036873886		
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast =	Bukan Lubang	Sesuai
				16740,30169		
				Orde 2 Correlation =		
				18488016,95		
				Orde 2 Variance =		
				109,4388925		
				Orde 2 IDM =		
				0,216108624		
				Orde 2 Entropy =		
				3,642995933		

22		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean =	Bukan Lubang	Sesuai
				230,553986		
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance =	Bukan Lubang	Sesuai
				115,2769777		
		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness =	Bukan Lubang	Sesuai
				69929,88146		
		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis =	Bukan Lubang	Sesuai
				2,897508785		
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy =	Lubang	Tidak Sesuai
				3,701558774		
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Bukan Lubang	Sesuai
				0,032156431		
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast =	Bukan Lubang	Sesuai
				19695,92982		
				Orde 2 Correlation =		
				20157158,49		
				Orde 2 Variance =		
				115,2769777		

			Orde 2 IDM =		
			0,15277733		
			Orde 2 Entropy =		
			3,701558774		


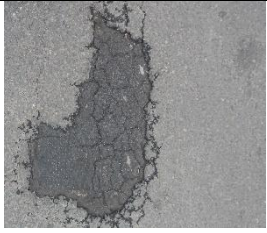

23		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean =	Bukan Lubang	Sesuai
				243,9207585		
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance =	Bukan Lubang	Sesuai
				121,960364		
		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness =	Bukan Lubang	Sesuai
				78062,80826		
		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis =	Bukan Lubang	Sesuai
				2,815171726		
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy =	Bukan Lubang	Sesuai
				3,559088473		
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Bukan Lubang	Sesuai
				0,040897919		
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast =	Bukan Lubang	Sesuai
				21063,05673		
				Orde 2 Correlation =		
				20463351,69		
				Orde 2 Variance =		
				121,960364		
				Orde 2 IDM =		
				0,171542545		
				Orde 2 Entropy =		
				3,559088473		



24		1	Bukan Lubang	Orde 1 Mean =	Bukan Lubang	Sesuai
				223,7518794		
		3	Bukan Lubang	Orde 1 Variance =	Bukan Lubang	Sesuai
				111,8759244		
		5	Bukan Lubang	Orde 1 Skewness =	Bukan Lubang	Sesuai
				67074,45865		
		7	Bukan Lubang	Orde 1 Kurtosis =	Bukan Lubang	Sesuai

				2,883032172		
		9	Bukan Lubang	Orde 1 Entropy =	Bukan Lubang	Sesuai
				3,67366533		
		11	Bukan Lubang	Orde 2 ASM / Energy =	Bukan Lubang	Sesuai
				0,034023513		
		13	Bukan Lubang	Orde 2 Contrast =	Bukan Lubang	Sesuai
				19474,41999		
				Orde 2 Correlation =		
				18433925,04		
				Orde 2 Variance =		
				111,8759244		
				Orde 2 IDM =		
				0,162025992		
				Orde 2 Entropy =		
				3,67366533		

Tabel 5.4 Pengujian Klasifikasi Citra

5.2.3 Pengujian Calculate Area

No	Citra uji	Ukuran Sebenarnya	Ukuran Didalam Citra	Skala	Piksel Putih	Luas
1		Panjang = 100 cm	Panjang = 1968 piksel	0,16518 cm2	17535 piksel	2896,556 cm2
		Lebar = 115 cm	Lebar = 2264 piksel			
2		Panjang = 100 cm	Panjang = 1968 piksel	0,16518 cm2	16918 piksel	2794,636 cm2
		Lebar = 115 cm	Lebar = 2264 piksel			
3		Panjang = 100 cm	Panjang = 1968 piksel	0,16518 cm2	5831 piksel	963,206 cm2
		Lebar = 115 cm	Lebar = 2264 piksel			

4		Panjang = 100 cm	Panjang = 1968 piksel	0,16518 cm2	2798 piksel	462,193 cm2
		Lebar = 115 cm	Lebar = 2264 piksel			
5		Panjang = 100 cm	Panjang = 1968 piksel	0,165187 cm2	7037 piksel	1162,422 cm2
		Lebar = 115 cm	Lebar = 2264 piksel			

Tabel 5.5 Pengujian Calculate Area

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1 Pengaruh nilai K pada Hasil KNN Euclidean Distance

Nilai K merupakan jumlah titik pembanding yang akan dibandingkan dengan titik uji. Pada K=1, akan dicari jarak terdekat dengan nilai titik uji. Untuk Nilai K lebih dari satu, selanjutnya akan dilakukan voting berdasarkan mayoritas keberadaan kelasnya. Untuk itu, besar nilai K harus merupakan bilangan ganjil, supaya dapat dilakukan voting berdasarkan mayoritas keberadaannya didalam suatu kelas (Fadhlillah, Novamizanti, & Atmaja, 2015). Nilai K yang digunakan dalam K-NN adalah 1, 3, 5, 7, 9 11, dan 13. Hasil uji klasifikasi citra menggunakan aplikasi dari 130 citra, perbandingan data latih dan data uji sebesar 90 % data latih dan 10 % data uji dengan nilai K=1 sebagai berikut :

Kriteria Jalan	Jumlah Sampel	Sesuai	Tidak Sesuai	FAR & FRR	Tingkat Akurasi
Jalan Berlubang	12	11	1	FRR = 4,16%	92%
Jalan Tidak Berlubang	12	11	1	FAR = 4,16%	92%
Total Akurasi	24	22	2		92%

Tabel 6.1 Perbandingan K 1

K=3 sebagai berikut :

Kriteria Jalan	Jumlah Sampel	Sesuai	Tidak Sesuai	FAR & FRR	Tingkat Akurasi
Jalan Berlubang	12	10	2	FRR = 8,33%	83%
Jalan Tidak Berlubang	12	11	1	FAR = 4,16%	92%
Total Akurasi	24	21	3		88%

Tabel 6.2 Perbandingan K 3

K=5 sebagai berikut :

Kriteria Jalan	Jumlah Sampel	Sesuai	Tidak Sesuai	FAR & FRR	Tingkat Akurasi
Jalan Berlubang	12	11	1	FRR = 4,16%	92%
Jalan Tidak Berlubang	12	12	0	FAR = 0%	100%
Total Akurasi	24	23	1		96%

Tabel 6.3 Perbandingan K 5

K=7 sebagai berikut :

Kriteria Jalan	Jumlah Sampel	Sesuai	Tidak Sesuai	FAR & FRR	Tingkat Akurasi
Jalan Berlubang	12	11	1	FRR = 4,16%	92%
Jalan Tidak Berlubang	12	12	0	FAR = 0%	100%
Total Akurasi	24	23	1		96%

Tabel 6.4 Perbandingan K 7

K=9 sebagai berikut :

Kriteria Jalan	Jumlah Sampel	Sesuai	Tidak Sesuai	FAR & FRR	Tingkat Akurasi
Jalan Berlubang	12	9	3	FRR = 12,5%	75%
Jalan Tidak Berlubang	12	11	1	FAR = 4,16%	92%
Total Akurasi	24	20	4		83%

Tabel 6.5 Perbandingan K 9

K=11 sebagai berikut :

Kriteria Jalan	Jumlah Sampel	Sesuai	Tidak Sesuai	FAR & FRR	Tingkat Akurasi
Jalan Berlubang	12	9	3	FRR = 12,5%	75%
Jalan Tidak Berlubang	12	12	0	FAR = 0%	100%
Total Akurasi	24	21	3		88%

Tabel 6.6 Perbandingan K 11

K=13 sebagai berikut :

Kriteria Jalan	Jumlah Sampel	Sesuai	Tidak Sesuai	FAR & FRR	Tingkat Akurasi
Jalan Berlubang	12	9	3	FRR = 12,5%	75%
Jalan Tidak Berlubang	12	12	0	FAR = 0%	100%
Total Akurasi	24	21	3		88%

Tabel 6.7 Perbandingan K 13

Dari hasil klasifikasi dengan perubahan nilai K dapat dilihat tingkat akurasi yang didapat tidak jauh berbeda. Pengujian Akurasi sistem menggunakan False Acceptance Rate (FAR), False Rejection Rate (FRR), dan akurasi sistem. FAR berguna untuk melihat sejauh mana sistem melakukan kesalahan dalam menerima masukan, dimana citra jalan yang seharusnya terdeteksi tidak berlubang namun terdeteksi berlubang oleh sistem. Sedangkan FRR menunjukkan sistem melakukan

kesalahan dalam menolak masukan, dimana citra jalan yang seharusnya terdeteksi berlubang namun terdeteksi tidak berlubang oleh sistem. Untuk menghitung nilai FAR menggunakan persamaan (17), sedangkan untuk menghitung nilai FRR menggunakan persamaan (18), dan untuk menghitung Tingkat Akurasi menggunakan persamaan (19). Tingkat Akurasi tertinggi didapat dari nilai K 5 dan K 7, dengan total akurasi sebesar 96% dengan FAR sebesar 0% dan FRR sebesar 4,16%. Kesalahan klasifikasi oleh sistem terjadi karena citra tidak berlubang memiliki tekstur yang hampir sama dengan citra berlubang setelah citra melalui proses convert to LBP sehingga memiliki variasi yang besar dan diklasifikasikan sebagai objek lubang. Dan sebaliknya citra berlubang memiliki tekstur yang hampir sama pula dengan citra tidak berlubang setelah citra melalui proses convert to LBP Sehingga memiliki variasi yang kecil dan diklasifikasikan sebagai objek bukan lubang.

6.2 Perhitungan luas lubang

No	Skala		Piksel Putih		Luas		Selisih	Akurasi
	Sistem	Manual	Sistem	Manual	Sistem	Manual		
1	0,16518 cm ²	9,1706 cm ²	17535 piksel	320 piksel	2896,5 56925	2934,609	38,05208	98,70%
2	0,16518 cm ²	9,1706 cm ²	16918 piksel	311 piksel	2794,6 36445	2852,0733	57,43686	97,90%
3	0,16518 cm ²	9,1706 cm ³	5831 piksel	110 piksel	963,2 063547	1008,7719	45,56555	95,40%
4	0,16518 cm ²	9,1706 cm ⁴	2798 piksel	52 piksel	462,1 936855	476,874	14,68031	96,90%
5	0,16518 cm ²	9,1706 cm ⁵	7037 piksel	127 piksel	1162,4 22075	1164,6662	2,244125	99,80%
Rata - rata Akurasi								97,74%

Tabel 6.8 Perhitungan luas lubang

Pada skenario diatas tahap awal yang dilakukan adalah citra menyediakan segmentasi manual sebagai pembanding terhadap hasil segmentasi dari sistem. Jumlah luas lubang pada citra hasil segmentasi manual akan dibandingkan dengan jumlah luas yang tersegmentasi melalui sistem . Selisih jumlah luas tersebut kemudian akan dihitung untuk menentukan tingkat akurasi.

Pengujian pada skenario A menunjukkan bahwa rata-rata selisih antara segmentasi manual dengan hasil segmentasi sistem sebesar 31,59578. hal ini dipengaruhi oleh ketegasan batas dari lubang serta adanya objek lain di dalam lubang seperti genangan air, batu kerikil yang mempengaruhi nilai threshold.

BAB VII KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam membangun sistem identifikasi lubang pada jalan aspal, pertama yang harus dilakukan adalah pengumpulan data yang akan digunakan untuk data *training* dan *testing*. Pada proses *training* terdapat beberapa proses yang terdiri dari *resize*, *convert to local binary pattern*, ekstraksi fitur. Pada proses *testing* terdiri dari proses *resize*, *convert to local binary pattern*, ekstraksi fitur kemudian melakukan proses pengklasifikasian dengan menggunakan metode K-NN *Eulidean Distance*. Sedangkan pada proses *calculate area* terdiri dari *thresholding*, *erosi*, *dilasi*, dan perhitungan luas.
2. Berdasarkan hasil uji coba dengan perbandingan data training dan data testing sebesar 90 % dan 10% dari 130 citra yang terdiri 70 lubang dan 50 bukan lubang didapat akurasi terbaik dari nilai K 5 dan K 7, dengan total akurasi sebesar 96% dengan FAR sebesar 0% dan FRR sebesar 4,16%.
3. Kesalahan klasifikasi oleh sistem terjadi karena citra tidak berlubang memiliki tekstur yang hampir sama dengan citra berlubang setelah citra melalui proses *convert to LBP* sehingga memiliki variasi yang besar dan diklasifikasikan sebagai objek lubang. Dan sebaliknya citra berlubang memiliki tekstur yang hampir sama pula dengan citra tidak berlubang setelah citra melalui proses *convert to LBP* Sehingga memiliki variasi yang kecil dan diklasifikasikan sebagai objek bukan lubang.
4. Berdasarkan hasil uji coba 5 citra lubang dari perhitungan system dan dibandingkan dengan perhitungan manual didapatkan rata – rata akurasi sebesar 97,74%.
5. Rata rata selisih luas perhitungan system dengan perhitungan manual sebesar 31,59578. hal ini dipengaruhi oleh ketegasan batas dari lubang serta adanya objek lain di dalam lubang seperti genangan air, batu kerikil yang mempengaruhi nilai *threshold*.

7.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, ada beberapa hal yang disarankan untuk penelitian lebih lanjut yaitu :

1. Perlu dilakukan penambahan metode untuk menghitung kedalaman dari lubang jalan aspal untuk melengkapi fitur dari system.
2. Dapat dikembangkan pada versi andorid, sehingga lebih mudah dioperasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achsani, F. N., Atmaja, R. D., Purnamasari, R., Elektro, F. T., Telkom, U., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2015). Deteksi Adanya Cacat Pada Kayu Menggunakan Metode Local Binary Pattern. *E-Proceeding of Engineering*, 2(1), 298–305.
- Adarsh, O. ., Varghese, A., Krishna, G., & Philip, L. (2018). *Intelligent Pothole Repair Vehicle*. 86–92.
- Azwar, A., & Gorontalo, U. I. (2018). *Integrasi Ekstraksi Fitur Local Binary Pattern Dan Gray-Level Cooccurrence Metrix Untuk Pengenalan Ekspresi Mulut Integrasi Ekstraksi Fitur Local Binary Pattern Dan Gray-Level Cooccurrence Metrix Untuk Pengenalan*. (November). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31135.82085>
- Fadhlillah, A. N., Novamizanti, L., & Atmaja, R. D. (2015). *ANALISIS DAN IMPLEMENTASI KLASIFIKASI K-NEAREST NEIGHBOR TELAPAK KAKI MANUSIA K-NEAREST NEIGHBOR (K-NN) ON SYSTEM IDENTIFICATION OF*. 2(2), 2876–2883.
- Favoria Gusa, R. (2013). Pengolahan Citra Digital Untuk Menghitung Luas Daerah Bekas Penambangan Timah. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 2(2), 27–34. <https://doi.org/10.20449/jnte.v2i2.71>
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Masters, B. R. (2009). Digital Image Processing, Third Edition. *Journal of Biomedical Optics*, 14(2), 029901.
- Hidayat, R. (2009). Implementasi Penggabungan Metode Fitur Ciri Orde 1 dan Fitur Ciri Orde 2 Pada Citra Untuk Pengklasifikasian Jenis Batu Akik. *Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika*, 5–24.
- Hidayatullah, P., Ferizal, F., Ramadhan, R. H., Qadarsih, B., & Mulyawan, F. (2012). Pendeteksi Lubang di Jalan Secara Semi-Otomatis. *Journal Politeknik Negeri Bandung*, 4(1), 41–51.
- Idestio, B. D., & Wirayuda, T. A. B. (2000). Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2(7), 142–149. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2000.854761>
- Idestio, B. D., & Wirayuda, T. A. B. (2013). Alternatif Pengukuran Luas Lubang

- Jalan Berbasis Data Video Menerapkan Threshold-based Marking Dan GLCM. *INKOM Journal of Informatics, Control Systems, and Computers*, 7(2), 57–65.
- Koch, C., & Brilakis, I. (2011). Pothole detection in asphalt pavement images. *Advanced Engineering Informatics*, 25(3), 507–515.
- Kurniawardhani, A., Suciati, N., & Ariesianti, I. (2014). Klasifikasi Citra Batik Menggunakan Metode Ekstraksi Ciri Yang Invariant Terhadap Rotasi. *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 12(2), 48. <https://doi.org/10.12962/j24068535.v12i2.a322>
- Mahardika, A., Sari, Y. A., & Dewi, C. (2018). Sistem Temu Kembali Citra Lubang Jalan Aspal Berdasarkan Tingkat Kerusakan Menggunakan Ekstraksi Fitur Gray Level Co-occurrence Matrix. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 2(10), 3811–3821.
- Nixon, M. S., & Aguado, A. S. (2008). Feature Extraction and Image Processing. In *Academic Press* (Vol. 2).
- Ojala, T., Pietikäinen, M., & Harwood, D. (1994). Performance evaluation of texture measures with classification based on Kullback discrimination of distributions. *Proceedings - International Conference on Pattern Recognition*, 3, 582–585. <https://doi.org/10.1109/ICPR.1994.576366>
- Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital* (Westriningsih, ed.). Yogyakarta: Andi.
- Yulianto Sugandi, H. (2015). Penerapan Metode Run-Length Dan Algoritma Simple Naive Bayes Untuk Identifikasi Sidik Jari. *Teknik Informatika – Universitas Komputer Indonesia Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika (KOMPUTA)*.

LAMPIRAN

Lampiran 1

BIODATA



Nama : Fathur Romadhon

Alamat : Ds. Carang Rejo Dsn. Carang Pranti
RT 02 RW 02
Kec. Kesamben Kab. Jombang

No. Telp : 085707242939

Email : madhonsan@gmail.com

Riwayat Pendidikan : SD Negeri Carang Rejo 01
SMP Negeri 1 Sumobito
SMA Negeri Kesamben
Politeknik Negeri Malang