



TUGAS AKHIR - KI141502

**EKSTRAKSI JALAN RAYA PERKOTAAN PADA DATA DSM
MENGUNAKAN TRANSFORMASI HOUGH DAN
TRANSFORMASI RADON**

**RR. AJENG SOFIANA
NRP 5112100022**

**Dosen Pembimbing I
Dr. Darlis Herumurti, S.Kom., M.Kom.**

**Dosen Pembimbing II
Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



UNDERGRADUATE THESIS - KI141502

**URBAN ROAD EXTRACTION FROM DSM DATA
USING HOUGH TRANSFORM AND RADON
TRANSFORM**

**RR. AJENG SOFIANA
NRP 5112100022**

**Supervisor I
Dr. Darlis Herumurti, S.Kom., M.Kom.**

**Supervisor II
Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc.**

**INFORMATICS DEPARTMENT
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LEMBAR PENGESAHAN

EKSTRAKSI JALAN RAYA PERKOTAAN PADA DATA DSM MENGGUNAKAN TRANSFORMASI HOUGH DAN TRANSFORMASI RADON

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Bidang Studi Komputasi Cerdas dan Visi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

RR. AJENG SOFIANA
NRP : 5112 100 022

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

1. Dr. Darlis Herumurti, S.Kom., M.Kom.
NIP: 19771217172003121001 (Pembimbing 1)
2. Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc.
NIP: 198106222005012002 (Pembimbing 2)



SURABAYA
APRIL, 2016

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

EKSTRAKSI JALAN RAYA PERKOTAAN PADA DATA DSM MENGGUNAKAN TRANSFORMASI HOUGH DAN TRANSFORMASI RADON

Nama Mahasiswa : RR. AJENG SOFIANA
NRP : 5112100022
Jurusan : Teknik Informatika FTIF-ITS
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Darlis Herumurti, S.Kom.,
M.Kom.
Dosen Pembimbing 2 : Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc.

Abstrak

Data informasi geospasial yang akurat dan terkini tentang jalan raya adalah salah satu hal penting untuk dapat melakukan perencanaan wilayah tata kota, meliputi tata kelola transportasi, pembangunan jalan, pemekaran wilayah, dan manajemen tanggap bencana. Dengan adanya perkembangan dari waktu ke waktu, data sistem informasi geografis juga terus mengalami perkembangan, sehingga perlu adanya pembaharuan data informasi geospasial secara akurat.

Menggunakan teknik tradisional untuk mengumpulkan data jalan raya dianggap sudah ketinggalan jaman karena memakan banyak waktu dan biaya, terlebih jika area yang akan dipetakan adalah area yang cukup besar. Saat ini, perkembangan akan sensor dan platform membuat data jalan raya dapat diperoleh melalui data Digital Surface Model (DSM). Data DSM adalah data yang memuat informasi tentang ketinggian pada suatu daerah. Data DSM merupakan data yang masih mentah sehingga diperlukan suatu teknik pengolahan sehingga mendapatkan data jalan raya. Oleh karena itu untuk melakukan ekstraksi jalan raya pada data DSM, penelitian ini menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon.

Pada penelitian ini hasil yang didapat menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon dianggap baik dengan nilai akurasi terbaik sebesar 86,87% dan kualitas sebesar 85,74%.

Kata kunci : Data DSM, Ekstraksi, Jalan raya, Transformasi Hough, Transformasi Radon.

URBAN ROAD EXTRACTION FROM DSM DATA USING HOUGH TRANSFORM AND RADON TRANSFORM

Student's Name : RR. AJENG SOFIANA
Student's ID : 5112100022
Department : Teknik Informatika FTIF-ITS
First Advisor : Dr. Darlis Herumurti, S.Kom.,
M.Kom.
Second Advisor : Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc.

Abstract

Accurate and up-to-date geospatial information data about road networks is of great importance for effective urban and transportation planning, land development, and urban disaster management. Because of the development from time to time, geospatial information data also experiencing evolution, so there is a need for renewal of geospatial information data accurately.

Using traditional techniques to collect road data is considered outdated because it takes a lot of times and costs, especially if the area to be mapped is a fairly large area. Nowadays, the development of sensors and platforms will make the road data can be obtained through the Digital Surface Model (DSM) data. DSM data is a data that contains information about elevation of an area. DSM Data is a raw data, so we need a processing technique to get the road data. Therefore, to extract the road data from DSM data, this study uses Hough and Radon Transformastion.

In this undergraduate thesis, the results obtained using Hough Transformation and Transformation Radon is considered good enough and obtained 86.87% accuracy with quality of 85.74%.

Keywords: DSM Data, Extraction, Hough Transform, Radon Transform, Road.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil'alam, segala puji bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“EKSTRAKSI JALAN RAYA PERKOTAAN PADA DATA DSM MENGGUNAKAN TRANSFORMASI HOUGH DAN TRANSFORMASI RADON”**. Bagi penulis, pengerjaan Tugas Akhir ini merupakan sebuah pengalaman yang paling berharga. Selama pengerjaan Tugas Akhir, penulis bisa belajar lebih banyak untuk memperdalam dan meningkatkan apa yang telah didapatkan penulis selama menjalani perkuliahan di Teknik Informatika ITS dan Tugas Akhir ini adalah implementasi dari apa yang telah penulis pelajari.

Selesaiannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan beberapa pihak. Sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan syukur dan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW.
2. Orangtua tercinta, Papa, Mama, Keluarga besar Lirman yang telah memberikan dukungan moral dan material serta do'a yang tak terhingga untuk penulis. Serta selalu memberikan semangat dan motivasi pada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Darlis Herumurti, S.Kom., M.Kom. selaku pembimbing I dan Kepala Jurusan Teknik Informatika ITS yang telah membimbing dan membantu penulis serta memberikan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sabar.
4. Ibu Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc. selaku pembimbing II yang juga telah membantu, membimbing,

dan memotivasi kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

5. Bapak Arya Yudhi Wijaya, S.Kom., M.Kom. selaku dosen wali penulis yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan S1 di Jurusan Teknik Informatika ITS.
6. Bapak Dr. Radityo Anggoro, S.Kom.,M.Sc. selaku Kepala Prodi S1 dan koordinator TA Jurusan Teknik Informatika ITS.
7. Segenap dosen dan karyawan Teknik Informatika ITS yang telah memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis selama menjalani masa studi di ITS.
8. Opit, Ruchi, Deva, Aisha, Azis, Mei, Sasa, teman-teman PH HMTC BERKARYA, dan anak-anak KMB BERKARYA yang telah memberi semangat serta menjadi teman seperjuangan dalam menyelesaikan Tugas.
9. Sahabat penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang selalu membantu, menghibur, menjadi tempat bertukar ilmu dan berjuang bersama-sama penulis.
10. Serta semua pihak yang telah turut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Sehingga, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk perbaikan ke depannya.

Surabaya, Mei 2016

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
Abstrak	vii
Abstract	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR KODE SUMBER	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Metodologi	3
1.7 Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Jalan Raya.....	7
2.2 Jalan Raya Perkotaan.....	7
2.3 Data <i>Digital Surface Model</i> (DSM)	8
2.4 Segmentasi Citra.....	9
2.5 <i>Pre-processing</i> Citra.....	9
2.6 <i>Median Filter</i>	9
2.7 <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i> (CLAHE).....	10
2.8 Binerisasi Citra	11
2.9 Operasi Morfologi	12
2.9.1 <i>Structuring Element</i>	13
2.9.2 Dilasi	13
2.9.3 Erosi	14
2.9.4 <i>Opening</i>	14
2.9.5 <i>Closing</i>	15
2.10 Transformasi Hough.....	16

2.11 Transformasi Radon	17
2.12 <i>Confusion Matrix</i>	17
BAB III PERANCANGAN SISTEM	19
3.1 Data.....	19
3.1.1 Data Masukan.....	19
3.1.2 Data Keluaran.....	23
3.2 Desain Umum Sistem.....	24
3.3 <i>Preprocessing</i>	25
3.4 Transformasi Hough.....	28
3.5 Transformasi Radon	31
BAB IV IMPLEMENTASI.....	35
4.1 Lingkungan Implementasi	35
4.2 Implementasi	35
4.2.1 Implementasi Pemrosesan Data Masukan DSM	36
4.2.2 Implementasi Proses <i>Preprocessing</i> pada Citra <i>Grayscale</i> dan Mengubahnya Menjadi Citra Biner ...	37
4.2.3 Implementasi Proses Transformasi Hough.....	43
4.2.4 Implementasi Proses Transformasi Radon	46
4.2.5 Implementasi Penggabungan Hasil Transformasi Hough dan Transformasi Radon.....	50
BAB V UJI COBA DAN EVALUASI	53
5.1 Lingkungan Uji Coba	53
5.2 Data Pengujian.....	54
5.3 <i>Preprocessing</i> Data.....	54
5.4 Skenario Uji Coba	57
5.4.1 Skenario Uji Coba 1	59
5.4.2 Skenario Uji Coba 2	60
5.4.3 Skenario Uji Coba 3	61
5.4.4 Skenario Uji Coba 4	63
5.5 Evaluasi Umum Skenario Uji Coba.....	64
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
6.1 Kesimpulan.....	67
6.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
BIODATA PENULIS.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh hasil ekstraksi jalan raya	8
Gambar 2.2 Contoh operasi dilasi	13
Gambar 2.3 Contoh operasi erosi	14
Gambar 2.4 Contoh operasi <i>opening</i>	15
Gambar 2.5 Contoh operasi <i>closing</i>	15
Gambar 2.6 Fungsi garis pada Transformasi Hough	16
Gambar 3.1 Data DSM <i>grayscale</i> Shinjuku	21
Gambar 3.2 Data DSM <i>grayscale</i> Sapporo	21
Gambar 3.3 Model jalan sebenarnya dari Shinjuku	22
Gambar 3.4 Model jalan sebenarnya dari Sapporo	22
Gambar 3.5 Tampilan keluaran aplikasi	23
Gambar 3.6 Diagram alir ekstraksi jalan raya dari data DSM25	
Gambar 3.7 Langkah <i>preprocessing</i> pada data DSM	27
Gambar 3.8 Contoh citra input garis	29
Gambar 3.9 Contoh grafik akumulator dari Transformasi Hough	29
Gambar 3.10 Diagram ekstraksi jalan dengan Transformasi Hough	30
Gambar 3.11 Citra jalan sintetis	32
Gambar 3.12 Transformasi Radon dari citra jalan sintetis	32
Gambar 3.13 Puncak lokal dari Transformasi Radon	32
Gambar 3.14 Filter jalan $\theta = 18^\circ$	32
Gambar 3.15 Filter jalan $\theta = 107^\circ$	32
Gambar 3.16 Kombinasi dari semua sudut puncak	32
Gambar 3.17 Diagram ekstraksi jalan dengan Transformasi Radon	33
Gambar 4.1 Kotak dialog untuk mengambil data masukan ...	37
Gambar 4.2 Citra <i>grayscale</i> dari data DSM	37
Gambar 4.3 Citra hasil <i>median filtering</i>	39
Gambar 4.4 Citra hasil CLAHE	39
Gambar 4.5 Hasil dari citra yang telah dilakukan pencerahan	40

Gambar 4.6 Citra hasil <i>thresholding</i>	41
Gambar 4.7 Citra tanpa lubang-lubang kecil hasil operasi morfologi <i>closing</i>	41
Gambar 4.8 Citra tanpa area luas yang kosong	42
Gambar 4.9 Citra hasil komplemen.....	42
Gambar 4.10 Transformasi Hough dan titik puncaknya.....	44
Gambar 4.11 Hasil garis-garis jalan dari titik-titik puncak Transformasi Hough.....	45
Gambar 4.12 Hasil garis jalan	45
Gambar 4.13 Hasil garis jalan setelah dilakukan operasi morfologi <i>dilate</i>	46
Gambar 4.14 Transformasi Radon	47
Gambar 4.15 Sudut orientasi dominan pada Transformasi Radon	48
Gambar 4.16 Nilai puncak lokal maksima pada titik pusat....	48
Gambar 4.17 Hasil penggabungan dari Transformasi Hough dan Transformasi Radon	51
Gambar 4.18 Hasil akhir ekstraksi jalan raya.....	51
Gambar 5.1 Citra <i>grayscale</i> kota Sapporo	55
Gambar 5.2 Citra <i>grayscale</i> kota Shinjuku	55
Gambar 5.3 Citra biner kota Sapporo	56
Gambar 5.4 Citra biner kota Shinjuku.....	56
Gambar 5.5 Hasil ekstraksi jalan raya perkotaan dari data DSM pada kota Sapporo	65
Gambar 5.6 Hasil ekstraksi jalan raya perkotaan dari data DSM pada kota Shinjuku	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Confusion Matrix</i>	17
Tabel 3.1 Spesifikasi data DSM.....	20
Tabel 3.2 Bagian dari data DSM Shinjuku	20
Tabel 4.1 Lingkungan Implementasi Perangkat Lunak.....	35
Tabel 5.1 Spesifikasi lingkungan uji coba	53
Tabel 5.2 Spesifikasi data.....	54
Tabel 5.3 <i>Confusion Matrix</i>	58
Tabel 5.4 Performa masing-masing nilai titik puncak pada Transformasi Hough.....	59
Tabel 5.5 Performa pengambilan sudut dominan pada lokal maksima dari Transformasi Radon	61
Tabel 5.6 Performa masing-masing nilai panjang <i>structure element line</i> untuk morfologi operasi <i>opening</i> dari Transformasi Radon	62
Tabel 5.7 Performa masing-masing metode ekstraksi jalan raya perkotaan	63

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR KODE SUMBER

Kode Sumber 4.1 Kode program membaca data DSM	36
Kode Sumber 4.2 Kode program <i>preprocessing</i> citra <i>grayscale</i>	38
Kode Sumber 4.3 Kode program Transformasi Hough	43
Kode Sumber 4.4 Kode program Transformasi Radon	46
Kode Sumber 4.5 Kode program mengambil nilai sudut pada titik pusat (<i>centroid</i>)	48
Kode Sumber 4.6 Kode program mengambil nilai semua nilai sudut	49
Kode Sumber 4.7 Kode program penggabungan ekstraksi jalan raya dari Transformasi Hough dan Transformasi Radon	50

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Data informasi geospasial yang akurat dan terkini tentang jalan raya adalah salah satu hal penting untuk dapat melakukan perencanaan wilayah tata kota, meliputi tata kelola transportasi, pembangunan jalan, pemekaran wilayah, dan manajemen tanggap bencana. Data jalan raya secara umum terintegrasi dengan data sistem informasi geografis. Dengan adanya perkembangan dari waktu ke waktu, data sistem informasi geografis juga terus mengalami perkembangan, sehingga perlu adanya pembaharuan data sistem informasi geografis secara akurat.

Menggunakan teknik tradisional untuk mengumpulkan data jalan raya dianggap sudah ketinggalan jaman karena memakan banyak waktu dan biaya, terlebih jika area yang akan dipetakan adalah area yang cukup besar. Saat ini, perkembangan akan sensor dan *platform* membuat data jalan raya dapat diperoleh melalui foto udara dan data DSM. Foto udara dan data DSM adalah data yang masih mentah sehingga diperlukan suatu teknik pengolahan sehingga mendapatkan data jalan raya. Ekstraksi jalan raya dari citra udara secara manual dapat dilakukan dengan mudah menggunakan sketsa yang sederhana. Ekstraksi jalan raya secara manual akan menjadi hal yang sukar ketika area yang akan dilakukan ekstraksi adalah area yang luas, cukup kompleks, dan harus diperbarui secara berkala, sehingga memerlukan waktu yang cukup lama.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, penulis mengusulkan untuk melakukan Ekstraksi jalan raya perkotaan menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon. Dengan adanya ekstraksi jalan raya menggunakan sistem,

diharapkan lebih mudah untuk mendapatkan data jalan raya dari suatu gambar.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam Tugas Akhir ini dapat dipaparkan sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan ekstraksi jalan raya perkotaan menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon?
2. Bagaimana mengonstruksi segmentasi jalan raya?

1.3 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk melakukan ekstraksi jalan raya perkotaan menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon untuk mendapatkan data jalan raya perkotaan dari data DSM.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari pembuatan tugas akhir ini yaitu mempermudah untuk menemukan jalan baru maupun jalan yang diperbaharui rutenya dari suatu foto udara dan mempermudah untuk melakukan perancangan jalan pada wilayah kota.

1.5 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini memiliki beberapa batasan, yaitu sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah Data DSM kota Sapporo dan Shinjuku, Jepang yang menunjukkan informasi ketinggian kota Sapporo dan Shinjuku, Jepang.
2. Metode ekstraksi yang digunakan adalah Transformasi Hough dan Transformasi Radon..

3. Pembangunan perangkat lunak menggunakan Matlab R2014a.

1.6 Metodologi

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penyusunan proposal Tugas Akhir.

Tahap awal untuk memulai pengerjaan Tugas Akhir adalah penyusunan proposal Tugas Akhir. Pada proposal Tugas Akhir tersebut berisi rencana Tugas Akhir yang akan dikerjakan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan meraih gelar Strata-1 Teknik Informatika. Pada proposal tersebut dijelaskan secara garis besar tentang tahapan analisis citra yang akan dilakukan. Diantaranya tahapan preprocessing, segmentasi, ekstraksi fitur.

2. Studi literatur

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan informasi yang diperlukan untuk pengerjaan Tugas Akhir sekaligus mempelajarinya. Beberapa literatur yang perlu dipelajari lebih dalam lagi untuk proses pengolahan citra khususnya ekstraksi fitur jalan raya menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon.

3. Analisis dan desain perangkat lunak

Pada tahap ini akan dilakukan analisis dan desain perancangan aplikasi sesuai dengan tujuan yang dijabarkan. Kemudian disesuaikan dengan metode yang tepat, hal ini dimaksudkan agar nantinya ketika diimplementasikan ke dalam aplikasi dapat berjalan sesuai yang diharapkan.

4. Implementasi perangkat lunak
Perangkat lunak ini akan dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman dan kaskas bantu Matlab R2014a dengan fungsi yang sudah tersedia di dalamnya.
5. Pengujian dan evaluasi
Aplikasi akan diuji setelah selesai diimplementasikan menggunakan skenario yang sudah dipersiapkan. Pengujian dan evaluasi akan dilakukan dengan melihat kesesuaian dengan perencanaan. Dengan melakukan pengujian dan evaluasi dimaksudkan juga untuk mengevaluasi jalannya program, mencari masalah yang mungkin timbul dan mengadakan perbaikan jika terdapat kesalahan.
6. Penyusunan buku Tugas Akhir.
Pada tahap ini dilakukan penyusunan laporan yang menjelaskan dasar teori dan metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini serta hasil dari implementasi aplikasi perangkat lunak yang telah dibuat.

1.7 Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir

Buku Tugas Akhir ini merupakan laporan secara lengkap mengenai Tugas Akhir yang telah dikerjakan baik dari sisi teori, rancangan, maupun implementasi sehingga memudahkan bagi pembaca dan juga pihak yang ingin mengembangkan lebih lanjut. Sistematika penulisan buku Tugas Akhir secara garis besar antara lain:

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah dan tujuan pembuatan

Tugas Akhir. Selain itu, metodologi pengerjaan dan sistematika penulisan laporan Tugas Akhir juga terdapat di dalamnya.

Bab II Dasar Teori

Bab ini berisi penjelasan secara detail mengenai dasar-dasar penunjang dan teori-teori yang digunakan untuk mendukung pembuatan Tugas Akhir ini.

Bab III Perancangan Perangkat Lunak

Bab ini berisi penjelasan tentang rancangan dari sistem yang akan dibangun. Rancangan ini dituliskan dalam bentuk *pseudocode*.

Bab IV Implementasi

Bab ini berisi penjelasan implementasi dari rancangan yang telah dibuat pada bab sebelumnya. Implementasi disajikan dalam bentuk *code* secara keseluruhan disertai dengan penjelasannya.

Bab V Uji Coba Dan Evaluasi

Bab ini berisi penjelasan mengenai data hasil percobaan dan pembahasan mengenai hasil percobaan yang telah dilakukan.

Bab VI Kesimpulan Dan Saran

Bab ini merupakan bab terakhir yang menyampaikan kesimpulan dari hasil uji coba yang dilakukan dan saran untuk pengembangan perangkat lunak ke depannya.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang merupakan dasar dari pembangunan sistem. Selain itu terdapat penjelasan yang menunjang pengerjaan penelitian ini sehingga dapat memberikan gambaran secara umum sistem yang akan dibangun.

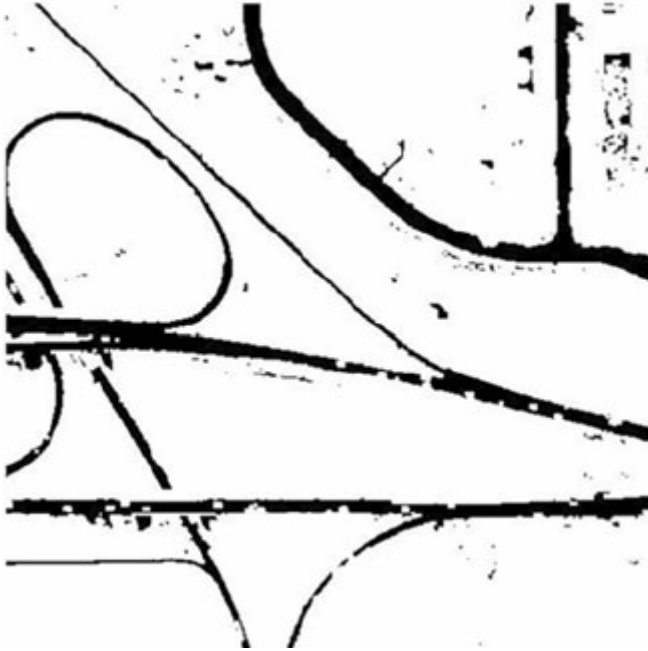
2.1 Jalan Raya

Jalan raya adalah jalan utama yang menghubungkan satu kawasan dengan kawasan yang lain. Biasanya jalan besar ini mempunyai ciri-ciri berikut: digunakan untuk kendaraan bermotor, digunakan oleh masyarakat umum, dibiayai oleh perusahaan negara, penggunaannya diatur oleh undang-undang pengangkutan. Jalan raya adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan atau air, serta di atas permukaan air, kecuali kereta api, jalan lori, dan jalan kabel [1]. Jalan raya berfungsi untuk melewati lalu lintas di atasnya dengan cepat, aman dan nyaman. Di sini harus diingat bahwa tidak semua jalan yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor itu jalan raya, contohnya lintasan-lintasan di daerah perkebunan.

2.2 Jalan Raya Perkotaan

Di daerah perkotaan jalan mungkin berbeda dengan yang ada di daerah pedesaan. Pada jalan raya perkotaan suatu jalan akan diberi sebuah nama. Jalan raya perkotaan melayani fungsi ganda yaitu sebagai kemudahan ruang kota dan rute. Jalan raya modern biasanya rapi, beraspal, dan bertujuan untuk memudahkan

perjalanan. Secara historis banyak jalan yang hanya dikenali rute tanpa konstruksi atau pemeliharaan yang resmi [2].



Gambar 2.1 Contoh hasil ekstraksi jalan raya

2.3 Data *Digital Surface Model* (DSM)

Data *Digital Surface Model* (DSM) adalah model elevasi yang mencakup puncak bangunan, pohon, kabel listrik, dan benda lainnya. Umumnya data ini dipandang sebagai model kanopi dan hanya 'melihat' tanah di mana tidak ada yang melampaui yang lain dari itu. Data DSM menampilkan permukaan bumi serta meliputi semua objek di atasnya. Semua dataset yang diambil dengan satelit, pesawat terbang, atau perangkat terbang lainnya merupakan data

DSM. Data DSM biasanya digunakan untuk pemodelan lanskap, pemodelan kota dan visualisasi aplikasi [3].

2.4 Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan proses memecah suatu citra ke dalam beberapa segmen dengan suatu kriteria tertentu. Tujuannya adalah untuk menyederhanakan dan atau mengubah representasi suatu citra digital menjadi sesuatu yang lebih bermakna dan mudah untuk dianalisis. Pada dasarnya metode segmentasi dipisahkan berdasarkan discontinuity dan tingkat kesamaannya (similarity). Berdasarkan discontinuity, segmentasi dilakukan dengan melihat perubahan intensitas secara tiba-tiba, pendekatan algoritmanya antara lain: deteksi titik, garis, dan tepi. Sedangkan berdasarkan similarity, segmentasi dilakukan dengan mempartisi citra menjadi daerah yang memiliki kesamaan, metodenya antara lain: thresholding, region growing serta split and merge [4].

2.5 Pre-processing Citra

Data pre-processing adalah suatu proses atau langkah yang dilakukan untuk membuat data mentah menjadi data yang berkualitas [5]. *Pre-processing* citra secara signifikan dapat meningkatkan keandalan inspeksi optik. Beberapa operasi filter yang mengintensifkan atau mengurangi detail gambar tertentu memungkinkan evaluasi lebih mudah atau lebih cepat. Pengguna dapat mengoptimalkan gambar kamera hanya dengan beberapa klik. Contoh *pre-processing* pada suatu citra antara lain: normalisasi, filter tepi, binerisasi [6].

2.6 Median Filter

Median filter adalah teknik penyaringan digital nonlinier, sering digunakan untuk menghilangkan derau. Pengurangan derau tersebut adalah langkah khas *pre-processing* untuk meningkatkan

hasil pengolahan kemudian (misalnya, deteksi tepi pada gambar). *Median filtering* sangat banyak digunakan dalam pengolahan citra digital karena, dalam kondisi tertentu, *median filter* dapat mempertahankan tepi saat menghilangkan derau.

Ide utama dari *median filter* adalah dengan menjalankan sinyal dari entri ke entri, mengganti setiap entri dengan median entri tetangga. Pola tetangga ini disebut "jendela". Untuk sinyal 1 Dimensi, jendela yang paling jelas adalah hanya beberapa entri yang pertama dan entri selanjutnya, sedangkan untuk 2 Dimensi (atau pada dimensi yang lebih tinggi) sinyal seperti gambar, pola jendela mungkin lebih kompleks (seperti pola "kotak" atau "salib"). Perhatikan bahwa jika jendela memiliki entri ganjil, maka nilai median secara sederhana didefinisikan sebagai nilai tengah setelah semua entri di jendela diurutkan secara numerik. Untuk jumlah entri genap, mungkin ada lebih dari satu nilai median [7].

2.7 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)

Adaptive histogram equalization (AHE) adalah teknik pengolahan citra komputer yang digunakan untuk meningkatkan kontras pada citra. Ini berbeda dari pemerataan histogram biasa dalam hal bahwa metode adaptif menghitung beberapa histogram, yang setiap bagiannya sesuai dengan bagian yang berbeda dari gambar, dan menggunakannya untuk mendistribusikan nilai *lightness* dari citra. Oleh karena itu *adaptive histogram equalization* cocok untuk meningkatkan kontras lokal dan meningkatkan definisi dari tepi di setiap wilayah dari suatu citra.

Namun, AHE memiliki kecenderungan untuk meningkatkan derau di daerah yang relatif homogen dari suatu gambar. Sebuah varian dari *adaptive histogram equalization* disebut *contrast limited adaptive histogram equalization* (CLAHE) yang dapat mencegah hal tersebut dengan membatasi amplifikasi.

CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*) merupakan salah satu metode peningkatan kontras

citra. CLAHE merupakan versi perbaikan dari metode sebelumnya, AHE (*Adaptive Histogram Equalization*). CLAHE mampu mengurangi masalah derau pada AHE dengan membatasi peningkatan kontras, terutama pada daerah homogen. CLAHE meningkatkan kontras citra dengan cara mengubah nilai intensitas pada citra. Keuntungan menggunakan metode ini selain karena mudah digunakan, perhitungannyaapun sederhana dan juga output yang dihasilkan baik [8].

Permasalahan peningkatan kontras yang terlalu berlebihan pada AHE dapat diatasi dengan menggunakan CLAHE, yaitu memberikan nilai batas pada histogram. Nilai batas ini disebut dengan *clip limit*, dimana menyatakan batas maksimum tinggi suatu histogram. Cara menghitung *clip limit* suatu histogram dapat didefinisikan seperti pada persamaan 2.1.

$$\beta = \frac{M}{N} \left(1 + \frac{\alpha}{100} (s_{max} - 1) \right) \quad (2.1)$$

Dimana variabel M menyatakan luas *region size*, N menyatakan nilai *grayscale* (256), dan α merupakan *clip factor* yang menyatakan penambahan batas limit suatu histogram yang bernilai antara 0 sampai 100.

Histogram diatas nilai *clip limit* dianggap kelebihan (*excess*) piksel yang akan didistribusikan kepada area sekitar dibawah *clip limit* sehingga histogram merata.

2.8 Binerisasi Citra

Binerisasi citra merupakan proses merubah citra ke dalam bentuk biner (0 dan 1). Dengan merubah ke bentuk biner, citra hanya akan mempunyai dua warna yakni hitam dan putih. Dengan proses ini, citra RGB juga akan menjadi 1 matriks penyusun saja.

Citra biner (*binary image*) adalah citra yang setiap pikselnya hanya memiliki 2 kemungkinan derajat keabuan yakni 0 dan 1. Proses pembineran dilakukan dengan membulatkan keatas atau kebawah untuk setiap nilai keabuan dari piksel yg berada diatas

atau bawah harga ambang. Metode untuk menentukan besarnya harga ambang disebut *thresholding*.

Thresholding digunakan untuk mengatur jumlah derajat keabuan yang ada pada citra. Dengan menggunakan *thresholding* maka derajat keabuan bisa diubah sesuai keinginan, misalkan diinginkan menggunakan derajat keabuan 16, maka tinggal membagi nilai derajat keabuan dengan 16. Proses *thresholding* ini pada dasarnya adalah proses pengubahan kuantisasi pada citra.

Secara umum proses binerisasi citra *grayscale* untuk menghasilkan citra biner dapat didefinisikan seperti pada persamaan 2.2.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & f(x, y) \geq T \\ 0, & f(x, y) < T \end{cases} \quad (2.2)$$

Dimana $g(x,y)$ menyatakan citra biner dari citra *grayscale* $f(x,y)$ dan T menyatakan nilai ambang (*threshold*). Nilai T dapat didefinisikan sebelumnya.

2.9 Operasi Morfologi

Operasi morfologi adalah teknik pengolahan citra yang didasarkan pada bentuk segmen atau region dalam citra. Karena difokuskan pada bentuk obyek, maka operasi ini biasanya diterapkan pada citra biner. Biasanya segmen tadi didasarkan pada obyek yang menjadi perhatian. Segmentasi dilakukan dengan membedakan antara obyek dan latar, antara lain dengan memanfaatkan operasi pengambangan yang mengubah citra warna dan skala keabuan menjadi citra biner. Secara umum, pemrosesan citra secara morfologi dilakukan dengan cara mem-*passing* sebuah *structuring element* terhadap sebuah citra dengan cara yang hampir sama dengan konvolusi.

Hasil operasi morfologi dapat dimanfaatkan untuk pengambilan keputusan dengan analisis lebih lanjut. Operasi ini antara lain meliputi : pencarian batas/kontur, dilasi, erosi,

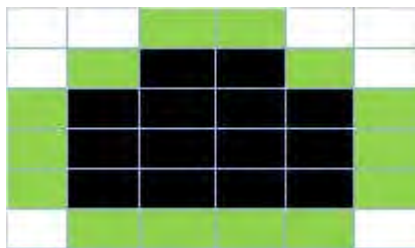
penutupan (closing), pembukaan (opening), pengisian (filling), pelabelan, dan pengerangkaan (skeletonization).

2.9.1 Structuring Element

Ide dasar dari operasi morfologi biner adalah untuk memeriksa gambar secara sederhana, bentuk yang telah ditentukan, menarik kesimpulan tentang bagaimana bentuk ini cocok atau tidak jika dibandingkan dengan bentuk dalam gambar. Bentuk pada pemeriksaan sederhana ini disebut "*structuring element*", yang merupakan suatu citra biner.

2.9.2 Dilasi

Dilasi adalah operasi morfologi yang akan menambahkan pixel pada batas antar objek dalam suatu citra digital. Dilasi merupakan suatu proses menambahkan piksel pada batasan dari objek dalam suatu citra sehingga nantinya apabila dilakukan operasi ini maka citra hasilnya lebih besar ukurannya dibandingkan dengan citra aslinya. Contoh di bawah ini merupakan hasil citra setelah dilakukan proses Dilasi dari citra asli. Warna hijau merupakan piksel tambahan setelah dilakukan Dilasi.

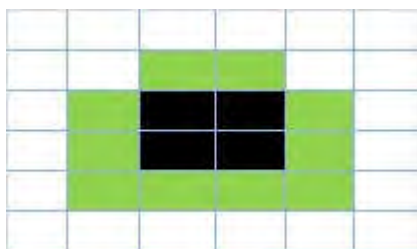


Gambar 2.2 Contoh operasi dilasi

2.9.3 Erosi

Erosi merupakan kebalikkan dari dilasi. Proses ini akan membuat ukuran sebuah citra menjadi lebih kecil. Berbeda dengan dilatasi, apabila erosi dilakukan maka yang dikerjakan adalah memindahkan piksel pada batasan-batasan objek yang akan di erosi. Jumlah dari piksel yang ditambah atau dihilangkan bergantung pada ukuran dan bentuk dari *structuring element* yang digunakan untuk memproses image tersebut.

Contoh dibawah ini merupakan hasil citra setelah dilakukan proses erosi dari citra asli. Warna hijau merupakan piksel yang dihilangkan setelah dilakukan proses erosi, sehingga piksel hasilnya hanya yang berwarna hitam.



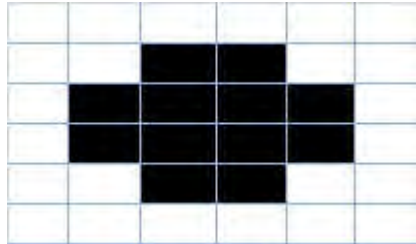
Gambar 2.3 Contoh operasi erosi

2.9.4 Opening

Opening merupakan kombinasi proses dimana suatu citra digital dikenai operasi erosi dilanjutkan dengan dilasi. Operasi opening pada citra mempunyai efek memperhalus batas-batas objek, memisahkan objek-objek yang sebelumnya bergandengan, dan menghilangkan objek-objek yang lebih kecil daripada ukuran *structuring element*.

Contoh dibawah ini merupakan hasil citra setelah dilakukan proses Opening dari citra asli. Proses yang dilakukan untuk

mendapatkan opening adalah dengan cara melakukan operasi erosi, lalu hasil erosi tersebut di dilasi lagi.



Gambar 2.4 Contoh operasi *opening*

2.9.5 *Closing*

Closing merupakan kombinasi dimana suatu citra dikenai operasi dilasi dilanjutkan dengan erosi. Operasi closing juga cenderung akan memperhalus objek pada citra, namun dengan cara menyambung pecahan-pecahan dan menghilangkan lubang-lubang kecil pada objek.

Contoh dibawah ini merupakan hasil citra setelah dilakukan proses Closing dari citra asli. Proses yang dilakukan untuk mendapatkan Closing adalah dengan cara melakukan operasi dilasi, lalu hasil dilasi tersebut dilakukan proses erosi lagi.



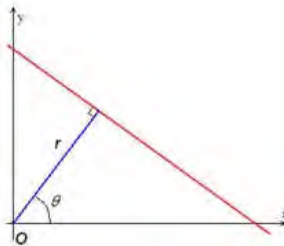
Gambar 2.5 Contoh operasi *closing*

2.10 Transformasi Hough

Transformasi Hough pertama kali diperkenalkan oleh Paul Hough pada tahun 1962 untuk mendeteksi garis lurus. Transformasi Hough adalah teknik transformasi citra yang dapat digunakan untuk mengisolasi atau dengan kata lain memperoleh fitur dari sebuah citra. Karena tujuan dari sebuah transformasi adalah mendapatkan suatu fitur yang lebih spesifik, Transformasi Hough Klasik merupakan teknik yang paling umum digunakan untuk mendeteksi objek yang berbentuk kurva seperti garis, lingkaran, elips dan parabola. Keuntungan utama dari transformasi Hough adalah dapat mendeteksi sebuah tepian dengan celah pada batas fitur dan secara relatif tidak dipengaruhi oleh derau [9]. Transformasi Hough memiliki beberapa perbedaan rumus yang diterapkan. Semuanya tergantung pada jenis objek yang dicari, misalnya untuk mencari objek garis akan digunakan fungsi garis seperti pada persamaan 2.3.

$$x \cos \theta + y \sin \theta = r \quad (2.3)$$

Dengan x dan y merupakan titik koordinat yang menyusun objek garis tersebut, sedangkan θ adalah sudut yang dibentuk antara objek garis dengan sumbu x , dan r merupakan jarak antara garis dengan titik pusat $(0,0)$. Untuk lebih jelasnya dapat diilustrasikan dengan menggunakan gambar 2.6.



Gambar 2.6 Fungsi garis pada Transformasi Hough

2.11 Transformasi Radon

Transformasi Radon merepresentasikan citra sebagai kumpulan sinyal 1D hasil proyeksi citra tersebut pada berbagai sudut orientasi. Transform Radon adalah proyeksi dari intensitas gambar sepanjang garis radial yang berorientasi pada sudut tertentu. Proyeksi dapat dihitung pada setiap sudut θ . Lokasi dari garis lurus dalam gambar dapat ditemukan dengan mencari lokasi puncak pada matriks Transformasi Radon [10]. Secara umum, Transformasi Radon dari $f(x,y)$ adalah garis integral dari f sejajar dengan sumbu y' seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.4.

$$R_{\theta}(x') = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x' \cos \theta - y' \sin \theta, x' \sin \theta + y' \cos \theta) dy' \quad (2.4)$$

2.12 Confusion Matrix

Confusion matrix adalah suatu metode yang biasa digunakan untuk melakukan perhitungan akurasi pada konsep data mining. *Confusion Matrix* memiliki informasi hasil prediksi dan aktual pada data yang telah di klasifikasi. Performa suatu sistem biasanya dievaluasi menggunakan *Confusion Matrix*. Tabel 2.1 menunjukkan *Confusion Matrix* pada dua kelas.

Tabel 2.1 Confusion Matrix

		PREDIKSI	
		1	0
AKTUAL	1	TP	FN
	0	FP	TN

Nilai yang bias dihitung menggunakan *Confusion Matrix* yaitu akurasi, sensitivitas dan sensitivitas. Akurasi merupakan hasil bagi dari jumlah prediksi yang terklasifikasi secara benar dibagi total data yang diklasifikasi seperti pada persamaan 2.5.

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (2.5)$$

Kualitas adalah perbandingan dari jumlah data TP dengan total data TP, FN, dan FP seperti pada persamaan 2.6.

$$Kualitas = \frac{TP}{TP+FN+FP} \quad (2.6)$$

Presisi adalah perbandingan dari jumlah data TP dengan total data TP dan FP seperti pada persamaan 2.7.

$$Presisi = \frac{TN}{TN+FP} \quad (2.7)$$

Spesifitas adalah perbandingan dari jumlah data TN dengan total data TN dan FP seperti pada persamaan 2.8.

$$Spesifitas = \frac{TN}{TN+FP} \quad (2.8)$$

Sensivitas adalah perbandingan dari jumlah data TP dengan total data TP dan FN seperti pada persamaan 2.9.

$$Sensivitas = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2.9)$$

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Bab ini membahas mengenai perancangan dan pembuatan sistem perangkat lunak. Sistem perangkat lunak yang dibuat pada penelitian ini adalah ekstraksi jalan raya perkotaan pada data DSM menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon.

3.1 Data

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai data yang digunakan sebagai masukan perangkat lunak untuk selanjutnya diolah dan dilakukan pengujian sehingga menghasilkan data keluaran yang diharapkan..

3.1.1 Data Masukan

Data masukan adalah data yang akan diolah oleh sistem untuk mendapatkan hasil keluaran yang sudah ditentukan sistem. Pada aplikasi ini, data yang digunakan adalah data DSM kota Sapporo dan Shinjuku yang merupakan area dengan gedung-gedung pencakar langit dan mengandung banyak bangunan bertingkat yang tinggi. Selain itu, di area ini mengandung jalan yang landai. Data dengan resolusi tinggi ini diambil pada tahun 2002 di mana 1 piksel mewakili jarak 1 meter pada ukuran sebenarnya. Ukuran data sekitar 1 megapiksel. Ukuran data untuk kota Shinjuku adalah 1133×926 piksel, sedangkan, ukuran data kota Sapporo adalah 1029×936 piksel. Tabel 3.1 menunjukkan spesifikasi data DSM.

Tabel 3.1 Spesifikasi data DSM

Tahun Diperoleh	2002
Kesalahan Horizontal	$\pm 0,5$ meter
Kesalahan Elevasi	$\pm 0,15$ meter
Resolusi Spasial	$\pm 1,0$ meter/piksel
Ukuran Data DSM	1 megapiksel (1132 x 926)

Tabel 3.2 menunjukkan bagian kecil dari nilai data DSM Shinjuku. Nilai-nilai ini mewakili elevasi permukaan tanah.

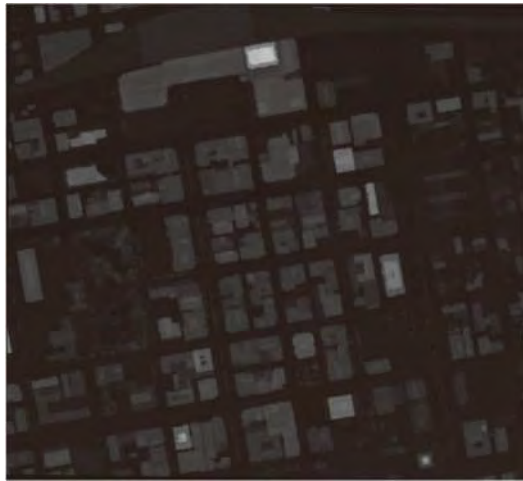
Tabel 3.2 Bagian dari data DSM Shinjuku

.....
.....	114.90	75.56	100.10	86.81	79.64
.....	107.70	89.18	109.00	102.90	84.78
.....	107.20	92.31	109.70	100.00	76.13
.....	108.70	93.33	115.00	108.80	85.84
.....	97.89	75.01	107.10	77.83	87.64
.....	98.64	90.74	101.40	99.56	100.40
.....	115.30	107.10	78.00	95.47	108.90
.....

Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 menunjukkan data DSM pada visualisasi citra *grayscale*. Data DSM didasarkan pada ketinggian permukaan tanah yang tidak mengandung bayangan seperti gambar foto udara, dan diharapkan dapat dicapai hasil yang lebih baik dengan menggunakan data DSM.



Gambar 3.1 Data DSM *grayscale* Shinjuku

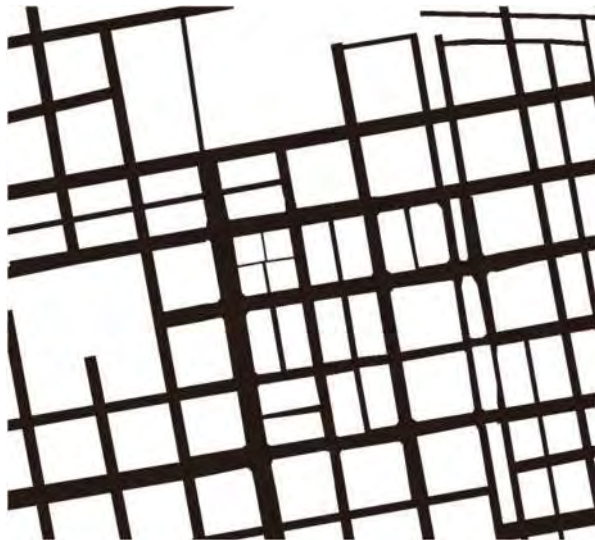


Gambar 3.2 Data DSM *grayscale* Sapporo

Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 menunjukkan gambar biner dari model jalan sebenarnya yang dibuat secara manual dari peta jalan digital. Jalan pada gambar ini diwakili dalam warna hitam. Tujuan pembuatan model jalan sebenarnya ini adalah untuk mengevaluasi hasil ekstraksi jalan.



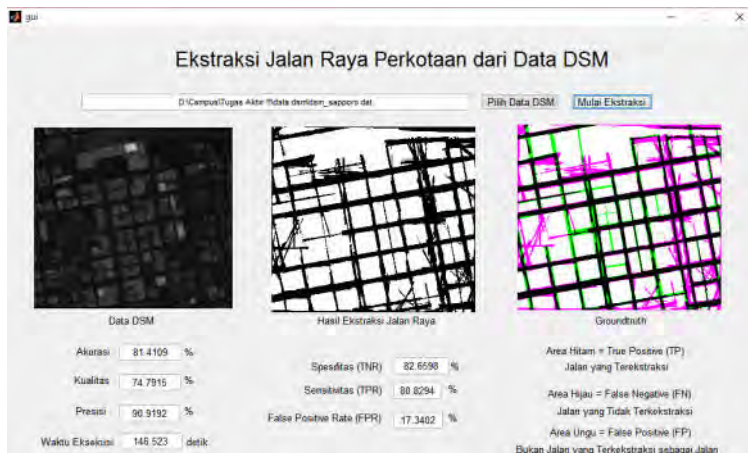
Gambar 3.3 Model jalan sebenarnya dari Shinjuku



Gambar 3.4 Model jalan sebenarnya dari Sapporo

3.1.2 Data Keluaran

Data masukan berekstensi .dat diproses dengan menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon. Hasil dari proses ini adalah ekstraksi jalan raya dari masukan data DSM beserta nilai akurasi, kualitas, presisi, spesifitas, sensitivitas, dan waktu pemrosesannya. Tampilan dari keluaran aplikasi tergambar pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Tampilan keluaran aplikasi

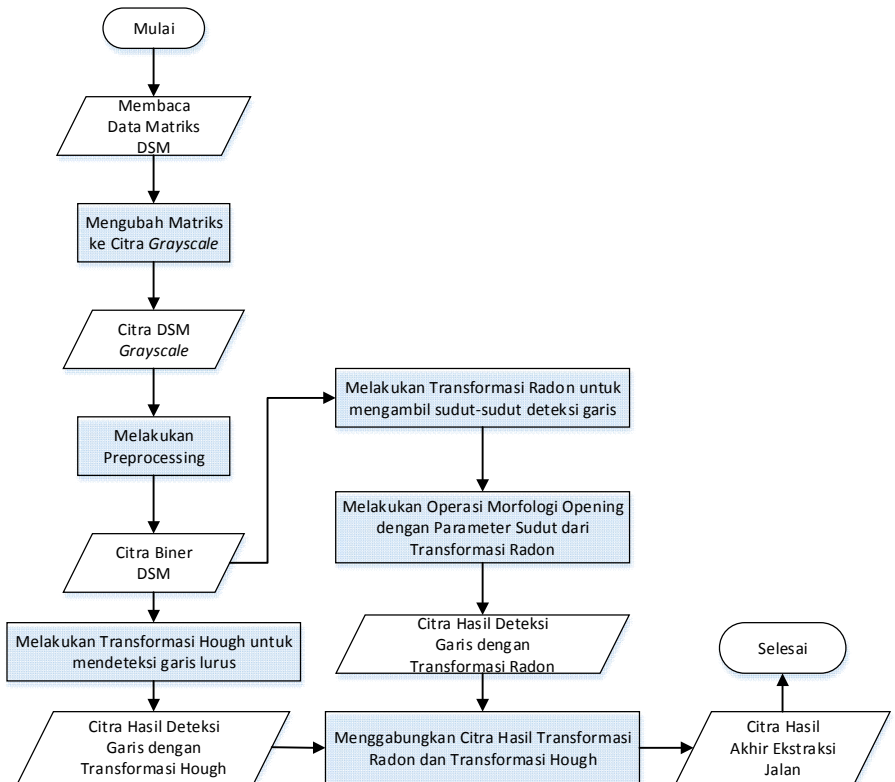
Dari tampilan keluaran aplikasi diatas tombol ‘Pilih Data DSM’ adalah tombol untuk pengguna memasukkan data DSM. Setelah menekan tombol ‘Pilih Data DSM’ muncul kotak pencarian berkas untuk memilih data DSM yang akan diolah. Pengguna harus memilih satu data DSM kemudian menekan tombol ‘Open’. Setelah pengguna memasukkan data DSM, pengguna harus menekan tombol ‘Mulai Ekstraksi’ untuk memulai proses ekstraksi jalan raya perkotaan dari Data DSM. Hasil ekstraksi dan persentase nilai akurasi, kualitas, presisi,

spesifitas, sensitivitas, *false positive rate* (FPR), serta waktu eksekusi akan ditampilkan pada tampilan keluaran aplikasi.

3.2 Desain Umum Sistem

Rancangan perangkat lunak ekstraksi jalan raya perkotaan menggunakan Transformasi Radon dan Transformasi Hough dimulai dengan membaca data *Digital Surface Model* (DSM) yang berekstensi .dat. Data DSM berisi matriks nilai ketinggian pada suatu daerah. Matriks data DSM tersebut kemudian diubah menjadi sebuah data citra *grayscale*. Dari data citra *grayscale* tersebut dilakukan sejumlah *preprocessing* untuk menghilangkan derau pada citra.

Setelah dilakukan serangkaian *preprocessing*, data citra diolah menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon untuk proses deteksi garis jalan. Tahap selanjutnya setelah dilakukan Transformasi Hough dan Transformasi Radon, dilakukan operasi morfologi untuk mengekstraksi jalan raya dari citra. Setelah jalan raya terekstraksi dari Transformasi Hough dan Transformasi Radon, dilakukan penggabungan dari hasil Transformasi Hough dan Transformasi Radon. Hasil akhir dari sistem adalah citra jalan raya dari data DSM. Diagram alir ekstraksi jalan raya dari data DSM ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram alir ekstraksi jalan raya dari data DSM

3.3 *Preprocessing*

Tahap awal pada *preprocessing* yaitu melakukan median filtering pada citra *grayscale* yang bertujuan untuk menghilangkan derau tanpa mengurangi kontras dari citra tersebut. Langkah kedua dilakukan *contrast enhancement based-on adaptive histogram equalisations* (CLAHE). Metode CLAHE memberikan hasil bahwa distribusi intensitas citra

nampak lebih seragam. Namun, intensitas gambar tidak cukup terang. Pada langkah ketiga, dilakukan transformasi gamma untuk mencerahkan gambar. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk menghilangkan sebagian besar luas bangunan dan untuk mendapatkan hasil binerisasi yang tepat. Transformasi gamma dapat mencerahkan atau menggelapkan intensitas citra. Jika nilai gamma kurang dari satu, dapat mengubah citra lebih cerah, ketika nilai gamma lebih besar dari satu maka citra dapat menjadi lebih gelap.

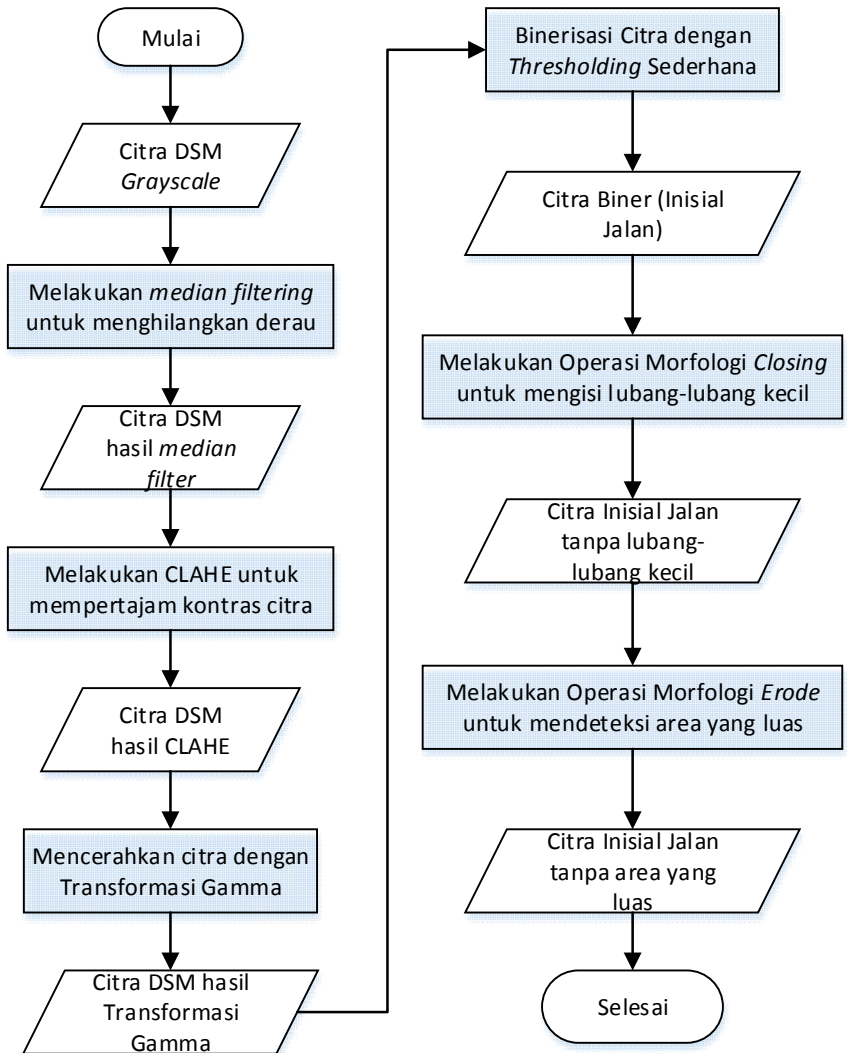
Langkah keempat adalah binerisasi, yang dilakukan dengan melakukan proses thresholding citra sederhana untuk menentukan

jalan awal dengan cepat. Digunakan $\text{threshold} = 0.5$, yang berarti jika intensitas ≤ 127 ditetapkan menjadi hitam, jika intensitas > 127 ditetapkan menjadi putih. Persamaan 3.1 menunjukkan thresholding sederhana untuk menghasilkan citra biner *Black/White* sebagai ekstraksi jalan awal, di mana warna hitam mewakili jalan yang telah diekstrak. Hasil ekstraksi jalan awal tidak cukup halus dan mengandung banyak daerah kecil, lubang-lubang kecil, dan wilayah yang luas.

$$BW = \begin{cases} 1, & I > 127 \\ 0, & I \leq 127 \end{cases} \quad (3.1)$$

Tahap selanjutnya adalah melakukan operasi morfologi pada citra. Operasi morfologi pada citra adalah pengolahan berbasis pada teori himpunan untuk melakukan manipulasi bentuk, seperti penipisan, penebalan, ekstraksi kerangka, ekstraksi batas, dan sebagainya. Pada langkah ini, dilakukan operasi *closing* pada inisial jalan, untuk menghaluskan kontur dan mengisi lubang-lubang kecil. Digunakan *structure element* bentuk *disk* untuk operasi *closing* ini. Untuk mendeteksi area yang luas pada inisial jalan, dilakukan operasi *erode*. Area-area yang luas kemudian dihapus dari citra jalan. Digunakan *structure element* bentuk bujur sangkar untuk operasi *erode*.

Langkah *preprocessing* digambarkan pada diagram Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Langkah *preprocessing* pada data DSM

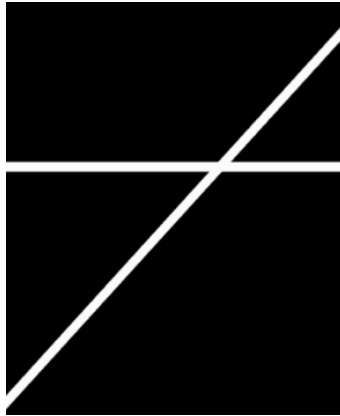
3.4 Transformasi Hough

Pada tahap ini akan dilakukan Transformasi Hough untuk mendeteksi garis pada data DSM hasil *preprocessing*. Deteksi garis tersebut dapat menghasilkan segmen jalan pada data DSM. Untuk mencari objek garis akan digunakan fungsi garis seperti pada persamaan 3.2

$$x \cos \theta + y \sin \theta = r \quad (3.2)$$

Dengan x dan y merupakan titik koordinat yang menyusun objek garis tersebut, sedangkan θ adalah sudut yang dibentuk antara objek garis dengan sumbu x , dan r merupakan jarak antara garis dengan titik pusat $(0,0)$.

Secara umum Transformasi Hough bekerja dengan memanfaatkan sebuah deret array yang dinamakan akumulator. Array akumulator ini memiliki dimensi yang berbeda-beda tergantung dari jumlah parameter dari objek yang dicari. Pada Transformasi Garis Hough diperlukan dua buah parameter yakni r dan θ , maka dibentuklah sebuah deret array akumulator yang berdimensi dua. Pencarian kemudian dilakukan terhadap sebuah area piksel dengan mencari kemungkinan hubungan atau garis yang ada. Setiap kemungkinan hubungan garis dihitung nilai r dan θ nya terhadap titik pusat. Selanjutnya menyimpan nilai r dan θ dari setiap kemungkinan hubungan tersebut pada array akumulator. Nilai-nilai pada akumulator akan dipetakan ke dalam sebuah grafik yang dinamakan grafik akumulator dengan θ sebagai absis dan r sebagai ordinat. Gambar 3.8 menunjukkan contoh citra input yang mengandung garis dan Gambar 3.9 menunjukkan contoh grafik akumulator dari Gambar 3.8.



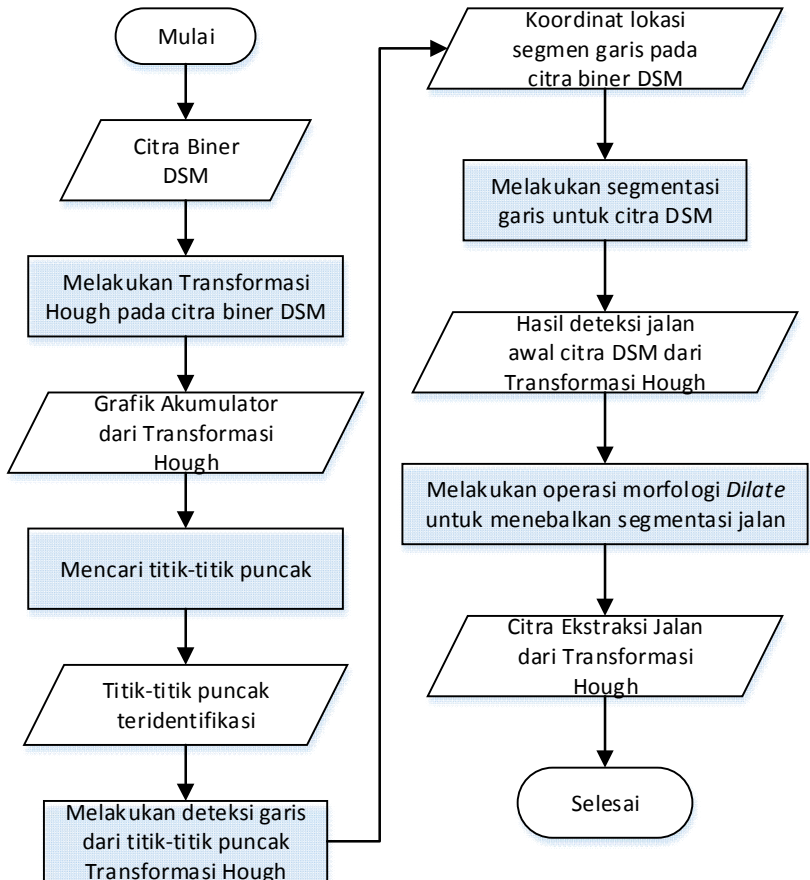
Gambar 3.8 Contoh citra input garis



Gambar 3.9 Contoh grafik akumulator dari Transformasi Hough

Setelah melakukan Transformasi Hough dan didapatkan grafik akumulatornya, langkah berikutnya yaitu mengidentifikasi kandidat garis dengan menemukan nilai-nilai puncak dari grafik akumulator. Setiap masing-masing puncak harus ditemukan lokasi dari piksel yang tidak nol pada citra untuk mendapatkan koordinat segmen garis pada citra. Dari

koordinat segmen garis tersebut dilakukan segmentasi garis pada citra dan dibedakan dengan menggunakan operasi morfologi dilasi. Langkah Transformasi Hough digambarkan pada diagram Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Diagram Ekstraksi Jalan dengan Transformasi Hough

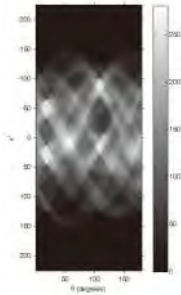
3.5 Transformasi Radon

Pada tahap ini dilakukan transformasi radon untuk mendeteksi garis pada data DSM hasil *preprocessing*. Transformasi Radon adalah proyeksi dari intensitas citra sepanjang garis radial yang berorientasi pada sudut tertentu. Proyeksi dapat dihitung pada setiap sudut θ . Lokasi dari garis lurus dalam gambar dapat ditemukan dengan mencari lokasi puncak yang kuat pada matriks Transformasi Radon.

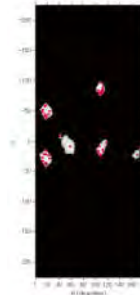
Gambar 3.11 hingga gambar 3.16 menunjukkan mekanisme penyaringan garis jalan pada gambar jalan sintetis. Data sintetik berisi empat baris jalan dengan beberapa daerah non-jalan. Gambar 3.12 menunjukkan Radon mengubah gambar sintetis pada Gambar 3.11. Puncak Radon Transform ditunjukkan dalam intensitas terang. Puncak ini mewakili garis pada gambar. Untuk mendapatkan sudut orientasi dominan pada Transformasi Radon, nilai-nilai Radon yang memiliki nilai lebih tinggi dari rata-rata nilai tertinggi di setiap sudut diambil lalu dilakukan operasi morfologi *dilate*, menghasilkan daerah putih seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.13, sedangkan titik-titik merah adalah nilai lokal maksima daerah tersebut. Lokal maksima dapat didapatkan dengan beberapa cara, salah satunya adalah mencari nilai *centroidnya*. Setelah didapatkan nilai sudut-sudut garis dari Transformasi Radon, sudut-sudut tersebut digunakan untuk operasi morfologi *opening*. Gambar 3.14 dan Gambar 3.15 menunjukkan hasil operasi morfologi *opening* berdasarkan sudut orientasi yang berasal dari Transformasi Radon. Filter jalan ini dapat mengekstrak garis jalan pada sudut tertentu dan menghapus daerah yang bukan jalan. Setelah itu dilakukan penggabungan dari semua hasil penyaringan, yang dapat mengekstrak garis jalan yang benar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.16. Langkah-langkah Transformasi Radon ditunjukkan pada Gambar 3.17.



Gambar 3.11 Citra jalan sintetis



Gambar 3.12 Transformasi Radon dari citra jalan sintetis



Gambar 3.13 Puncak lokal maksima dari Transformasi Radon



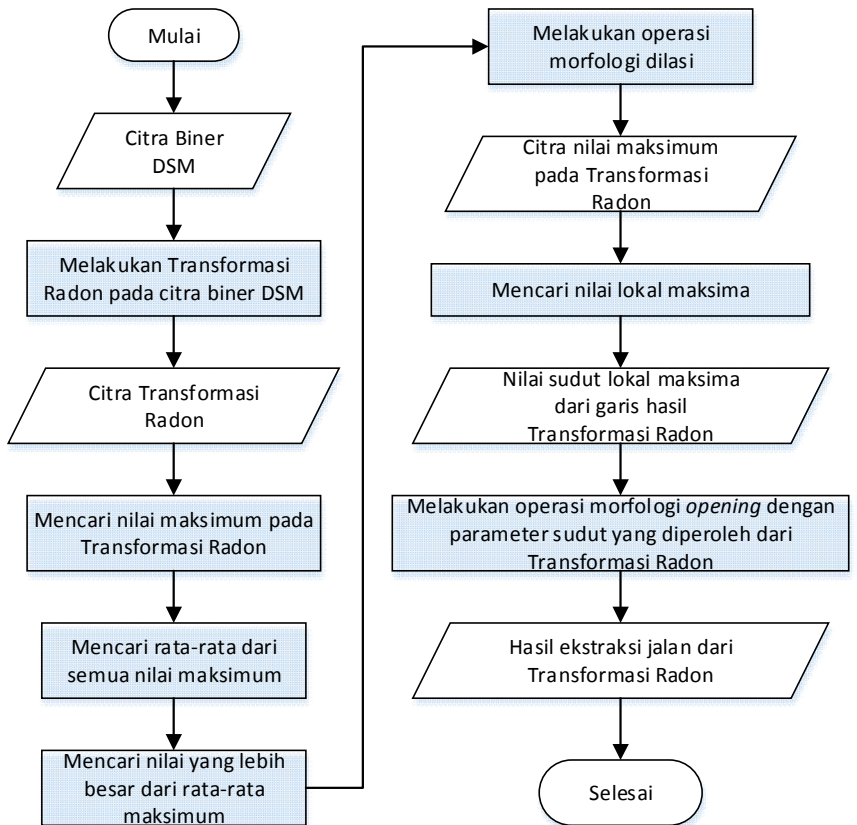
Gambar 3.14 Filter jalan $\theta = 18^\circ$



Gambar 3.15 Filter jalan $\theta = 107^\circ$



Gambar 3.16 Kombinasi dari semua sudut puncak



Gambar 3.17 Diagram ekstraksi jalan dengan Transformasi Radon

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV IMPLEMENTASI

Setelah dijelaskan mengenai proses yang dijalankan untuk melakukan ekstraksi jalan raya perkotaan pada data DSM menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon pada Bab 3, pada Bab 4 ini akan dijelaskan mengenai implementasi berupa kode sumber untuk membangun program.

4.1 Lingkungan Implementasi

Implementasi ekstraksi jalan raya perkotaan pada data DSM menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon, menggunakan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Lingkungan Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat	Jenis Perangkat	Spesifikasi
Perangkat Keras	Prosesor	Intel(R) Core(TM) i5-2.3 GHz
	Memori	4 GB
Perangkat Lunak	Sistem Operasi	Windows 10
	Perangkat Pengembang	MATLAB R2014a

4.2 Implementasi

Pada sub bab implementasi ini menjelaskan mengenai pembangunan perangkat lunak secara detail dan menampilkan kode sumber yang digunakan mulai tahap *preprocessing* hingga ekstraksi jalan. Pada penelitian ini data yang digunakan seperti yang telah dijelaskan di bab sebelumnya yaitu dua data DSM

atau data ketinggian dari kota Sapporo dan kota Shinjuku, Jepang.

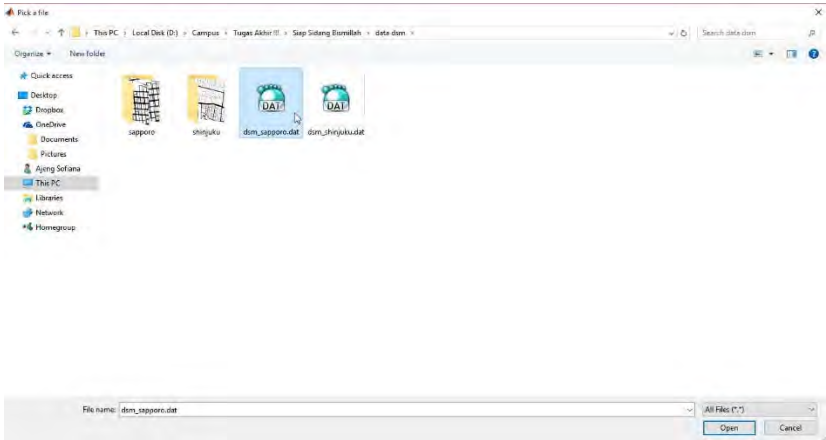
4.2.1 Implementasi Pemrosesan Data Masukan DSM

Langkah pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengubah data mentah DSM dari kota Sapporo dan kota Shinjuku di Jepang. Data Digital Surface Model (DSM) adalah data yang berbasis pada ketinggian permukaan tanah. Data dengan resolusi tinggi ini diambil pada tahun 2002, dimana 1 piksel merepresentasikan jarak sebenarnya sepanjang 1 meter. Ukuran dari data Shinjuku adalah 1133 x 926 piksel, sedangkan ukuran dari data Sapporo adalah 1029 x 936 piksel. Data ini berbentuk matriks yang berformat '.dat'. Data matriks tersebut kemudian diubah menjadi data masukan berupa citra *grayscale* agar dapat dilakukan sejumlah pengolahan sehingga data jalan dapat tersekstraksi. Kode sumber 4.1 menunjukkan proses membaca data DSM dan mengubahnya ke citra *grayscale*

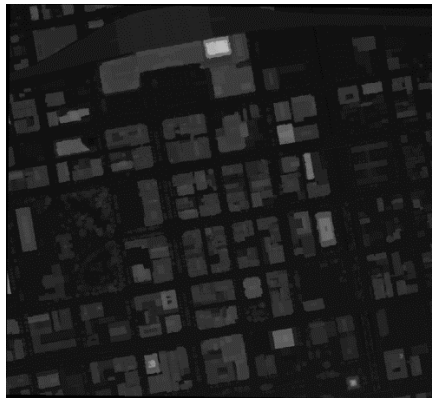
1	[filename, pathname] = uigetfile('*.dat', 'Pick a file');
2	dsminputmat = dlmread(strcat(pathname, filename), ' ,8,0);
3	dsmgray = mat2gray(dsminputmat, [0 255]);

Kode Sumber 4. 1. Kode program membaca data DSM

Pada Kode Sumber 4.1 hal pertama yang dilakukan adalah mengambil data masukan DSM dari *file browser*. Setelah itu diambil matriks pada baris ke-8 hingga baris terakhir yang memuat data ketinggian dengan pemisah spasi. Kotak dialog untuk mengambil data masukan ditunjukkan pada gambar 4.1. Lalu data matriks tersebut diubah ke citra *grayscale*. Citra *grayscale* ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.1 Kotak dialog untuk mengambil data masukan



Gambar 4.2 Citra *grayscale* dari data DSM

4.2.2 Implementasi Proses *Preprocessing* pada Citra *Grayscale* dan Mengubahnya Menjadi Citra Biner

Hasil keluaran dari tahap pembacaan data adalah citra *grayscale* dari data DSM. Pada tahap ini dijelaskan implementasi dari *preprocessing* citra *grayscale* dan mengubah

citra *grayscale* tersebut menjadi citra biner. Proses *preprocessing* dapat dilihat pada Kode Sumber 4.2.

```

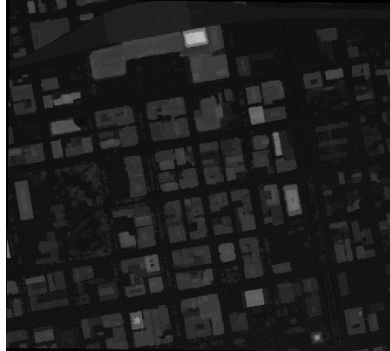
1  % melakukan medianfiltering
2  dsmmedfil = medfilt2(dsmgray);
3  % melakukan contrast enhancement dengan
   CLAHE
4  dsmclahe = adapthisteq(dsmmedfil);
5  % mencerahkan gambar
6  dsmbright = imadjust(dsmclahe, [], [], 0.35);
7  % melakukan binerisasi citra dengan
   thresholding 0,5
8  dsmbwpre = im2bw(dsmbright, 0.5);
9  % melakukan region smoothing menggunakan
   operasi morfologi
10 % melakukan closing operation untuk
   menghaluskan elemen dan mengisi lubang yang
   kecil
11 dsmc = imcomplement(dsmbwpre);
12 seclose = strel('disk', 5);
13 close = imclose(dsmc, seclose);
14 dsmclose = dsmbwpre - close;
15 dsmcom = imcomplement(dsmclose);
16 % melakukan erode operation untuk
   mendeteksi area yang luas dan menghapusnya
   dari citra
17 seerode = strel('rectangle', [60 40]);
18 erode = imerode(dsmcom, seerode);
19 dsmerode = dsmcom - erode;
20 dsmprepro = imcomplement(dsmerode);
21 dsmpro = imcomplement(dsmprepro);

```

Kode Sumber 4. 2. Kode program *preprocessing* citra *grayscale*

Pada Kode Sumber 4.2 hal pertama yang dilakukan adalah melakukan median filtering pada citra *grayscale* menggunakan fungsi *medfilt2* yang bertujuan untuk

menghilangkan derau tanpa mengurangi kontras dari citra tersebut. Hasil median filtering ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Citra hasil *median filtering*

Langkah kedua dilakukan *contrast enhancement based-on adaptive histogram equalisations* (CLAHE) menggunakan fungsi *adaphisteq*. Metode CLAHE memberikan hasil bahwa distribusi intensitas citra nampak lebih seragam. Hasil dari metode CLAHE ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Citra hasil CLAHE

Pada langkah ketiga, gambar dicerahkan dengan fungsi *imadjust*, dengan parameter nilai gamma sebesar 0,35. Jika nilai gamma kurang dari 1, citra akan nampak lebih terang, sedangkan jika nilai gamma lebih besar dari 1, citra akan nampak lebih gelap. Hasil dari citra yang telah dilakukan pencerahan ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil dari citra yang telah dilakukan pencerahan

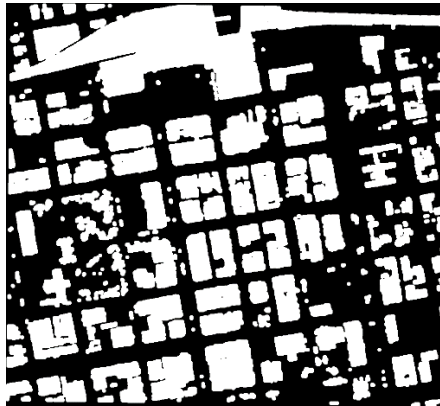
Langkah keempat adalah binerisasi, yang dilakukan dengan melakukan proses *thresholding* citra sederhana dengan fungsi *im2bw* untuk menentukan jalan awal dengan cepat. Digunakan $\text{threshold} = 0.5$, yang berarti jika intensitas ≤ 127 ditetapkan menjadi hitam, jika intensitas > 127 ditetapkan menjadi putih. Langkah ini mengubah citra *grayscale* menjadi citra biner. Citra biner ini merupakan inisialisasi jalan awal, tetapi belum cukup halus dan mengandung banyak lubang-lubang kecil dan daerah yang luas. Citra hasil *thresholding* ditunjukkan pada gambar 4.6.

Tahap selanjutnya adalah melakukan operasi morfologi pada citra. Pada langkah ini, dilakukan operasi *closing* pada inisial jalan, untuk menghaluskan kontur dan mengisi lubang-lubang kecil. Digunakan *structure element* bentuk *disk* dengan parameter radius bernilai 5 untuk operasi *closing* ini. Lubang-lubang kecil ini kemudian dihilangkan dari citra dengan cara

mensubstraksi citra biner dengan hasil operasi *closing*. Citra setelah dilakukan operasi morfologi *closing* ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.6 Citra hasil *thresholding*

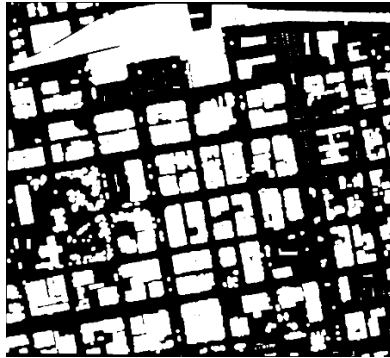


Gambar 4.7 Citra tanpa lubang-lubang kecil hasil operasi morfologi *closing*

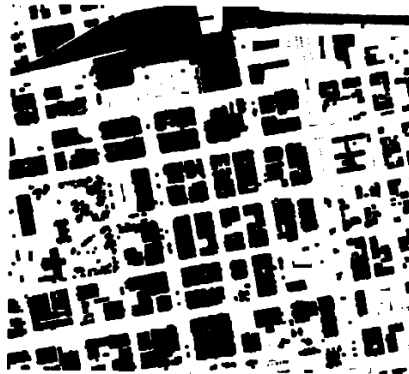
Untuk mendeteksi area luas yang kosong pada inisial jalan, dilakukan operasi *erode* dengan *structure element* berbentuk bujur sangkar dengan parameter panjang 60 piksel dan lebar 40 piksel. Area-area yang luas kemudian dihapus dari

citra jalan dengan cara mensubstraksi citra biner dengan hasil operasi *erode*. Citra tanpa area luas yang kosong ditunjukkan pada gambar 4.8.

Langkah terakhir yaitu melakukan komplemen dari citra biner dengan fungsi *imcomplement*. Dalam komplemen dari citra biner, nol menjadi satu dan yang menjadi nol, hitam dan putih dibalik. Hal ini dilakukan agar dapat dilakukan proses Transformasi Hough dan Transformasi Radon pada citra biner. Citra hasil komplemen ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.8 Citra tanpa area luas yang kosong



Gambar 4.9 Citra hasil komplemen

4.2.3 Implementasi Proses Transformasi Hough

Hasil keluaran dari tahap *preprocess* menghasilkan citra biner sebagai inisialisasi jalan. Pada tahap ini dijelaskan implementasi dari Transformasi Hough. Proses untuk melakukan Transformasi Hough dapat dilihat pada Kode Sumber 4.3.

```

1  % melakukan transformasi hough
2  [H,T,R] = hough(dsmpro);
3  imshow(H, [], 'XData', T, 'YData', R, ...
4  'InitialMagnification', 'fit');
5  xlabel('\theta'), ylabel('\rho');
6  axis on, axis normal, hold on;
7  % mencari titik puncak dari hough
8  P = houghpeaks(H,10);
9  x = T(P(:,2)); y = R(P(:,1));
10 plot(x,y,'s','color','white');
11 % melakukan deteksi garis jalan dari nilai
12 titik puncak hough
13 lines =
14 houghlines(dsmpro,T,R,P,'FillGap',10,'MinLengt
15 h',500);
16 % melakukan inisialisasi matriks citra hasil
17 ekstraksi garis jalan dari transformasi hough
18 [tinggi, panjang] = size(dsmpro);
19 hasilhoughsm = zeros(tinggi, panjang);
20 hasilhough = zeros(tinggi, panjang);
21 % melakukan ekstraksi jalan
22 for k = 1:length(lines)
23     xy = [lines(k).point1; lines(k).point2];
24     p1 = [xy(1,1), xy(1,2)];
25     p2 = [xy(2,1), xy(2,2)];
26     if p1(1) < p2(1)
27         koorx = p1(1):p2(1);
28     else
29         koorx = p2(1):p1(1);
30     end

```

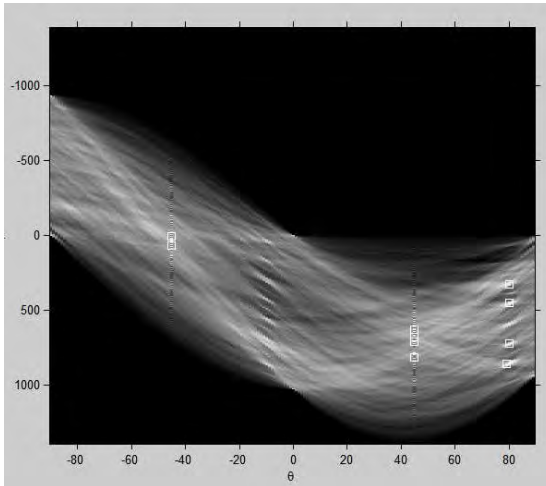
```

26 koory = round ( (koorx-p1(1)) * (p2(2)-
p1(2)) / (p2(1)-p1(1)) + p1(2) );
27 hasilhoughsm(sub2ind(size(hasilhoughsm),
koory, koorx)) = 1;
28 setebal = strel('square',20);
29 hasil = imdilate(hasilhoughsm,setebal);
30 hasilhough = hasil | hasilhough;
31 end

```

Kode Sumber 4. 3. Kode program Transformasi Hough

Dari citra biner hasil *preprocessing* dilakukan Transformasi Hough. Transformasi Hough menghasilkan matriks akumulasi rho dan theta (sudut). Kemudian diambil 10 buah titik puncak pada Transformasi Hough. Matriks akumulasi dari Transformasi Hough dan titik puncaknya ditunjukkan pada gambar 4.10.

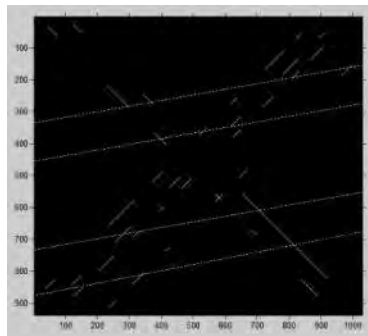


Gambar 4.10 Transformasi Hough dan titik puncaknya

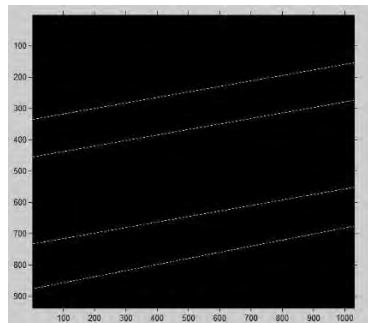
Dari titik puncak tersebut diambil garis lurusnya dan didapatkan koordinat lokasi garis jalan pada citra biner. Koordinat tersebut lalu digambarkan menjadi garis-garis jalan

dan ditampung pada sebuah matriks. Hasil garis-garis jalan dari titik-titik puncak Transformasi Hough ditunjukkan pada gambar 4.11. Kemudian ditambahkan parameter '*FillGap*' dengan nilai 10 dan '*MinLength*' dengan nilai 500 pada fungsi *houghlines*. Hasil garis jalan ditunjukkan pada gambar 4.12.

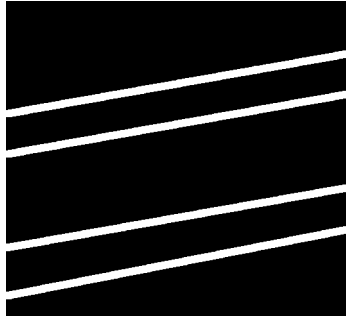
Dilakukan operasi morfologi *dilate* menggunakan *structure element* '*square*' dengan ukuran 20 x 20 piksel untuk menebalkan garis jalan. Hasil garis jalan setelah dilakukan operasi morfologi *dilate* ditunjukkan pada gambar 4.13.



Gambar 4.11 Hasil garis-garis jalan dari titik-titik puncak Transformasi Hough



Gambar 4.12 Hasil garis jalan



Gambar 4.13 Hasil garis jalan setelah dilakukan operasi morfologi *dilate*

4.2.4 Implementasi Proses Transformasi Radon

Hasil keluaran dari tahap *preprocess* menghasilkan citra biner sebagai inialisasi jalan. Pada tahap ini dijelaskan implementasi dari Transformasi Radon. Proses untuk melakukan Transformasi Radon dapat dilihat pada Kode Sumber 4.4.

```

1  % melakukan transformasi radon
2  theta = 0:180;
3  [R, xp] = radon(dsmpro, theta);
4  figure, imagesc(theta, xp, R);
5  xlabel('\theta (degrees)');
6  ylabel('X\prime');
7  title('R_{\theta} (X\prime)');
8  colormap(hot); colorbar;
9  % mengambil nilai maksimum pada radon
10 maksimum = max(R);
11 % mencari nilai rata-rata dari semua nilai
12 maksimum transformasi radon
13 average = mean(maksimum);
14 % mengambil nilai yang lebih besar dari
15 rata-rata nilai maksimum
16 fil = R > average;

```

```

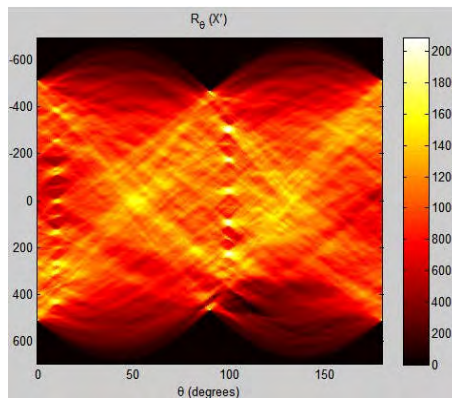
14 % melakukan morfologi dilasi untuk
    melebarkan nilai yang telah diambil
    sebelumnya
15 sedilate = strel('disk', 5);
16 fildilasi = imdilate(fil, sedilate);
17 figure, imshow(fildilasi);

```

Kode Sumber 4. 4. Kode program Transformasi Radon

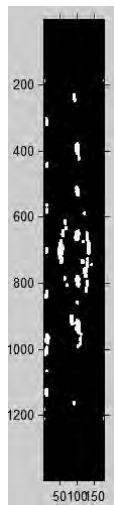
Transformasi Radon adalah proyeksi dari intensitas citra sepanjang garis radial yang berorientasi pada sudut tertentu. Proyeksi dapat dihitung pada setiap sudut θ . Lokasi dari garis lurus dalam gambar dapat ditemukan dengan mencari lokasi puncak yang kuat pada matriks Transformasi Radon.

Hal pertama adalah sudut yang dipakai dalam Transformasi Radon harus diinisialisasi, sudut yang dipakai adalah $0^\circ - 180^\circ$. Setelah itu dicari transformasi radonnya. Transformasi Radon ditunjukkan pada gambar 4.14. Untuk mendapatkan sudut orientasi dominan pada Transformasi Radon, nilai-nilai Radon yang memiliki nilai lebih tinggi dari rata-rata nilai tertinggi di setiap sudut diambil lalu dilakukan operasi morfologi *dilate*. Sudut orientasi dominan pada Transformasi Radon ditunjukkan pada gambar 4.15.

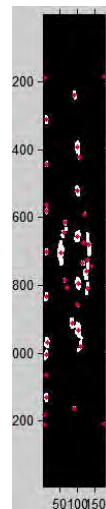


Gambar 4.14 Transformasi Radon

Untuk mendapatkan nilai sudut harus diambil dari puncak-puncak nilai lokal maksima. Nilai sudut dapat didapatkan dengan beberapa cara, yaitu memilih titik pusat (*centroid*) atau mengambil semua sudut pada area yang telah didilasi. Kode program untuk mengambil nilai sudut pada titik pusat dapat dilihat pada Kode Sumber 4.5, sedangkan untuk mengambil nilai sudut pada semua titik hasil dilasi dapat dilihat pada Kode Sumber 4.6.



Gambar 4.15 Sudut orientasi dominan pada Transformasi Radon



Gambar 4.16 Nilai puncak lokal maksima pada titik pusat

1	<code>% mengambil nilai sudut pada centroid</code>
2	<code>filcentro =</code> <code>regionprops(fildilasi, 'centroid');</code>
3	<code>centroids = cat(1, filcentro.Centroid);</code>
4	<code>plot(centroids(:,1),centroids(:,2), 'r.');</code>
5	<code>% melakukan morfologi opening untuk</code> <code>melakukan ekstraksi jalan</code>
6	<code>[tinggi, panjang] = size(dsmpro);</code>

```

7  hasilradon = zeros(tinggi, panjang);
8  for i=1:length(centroids(:,1))
9      seopeningroad =
10     strel('line',300,centroids(i,1));
11     dsmhasilopen = imopen(dsmpro,
12     seopeningroad);
13     hasilradonsm = dsmhasilopen | hasilradon;
14 end

```

Kode Sumber 4.5. Kode program mengambil nilai sudut pada titik pusat (*centroid*)

Nilai sudut didapatkan dengan cara memilih titik pusat (*centroid*) pada area yang telah didilasi dengan fungsi *regionprops* dengan parameter *centroid*. Nilai puncak lokal maksima pada titik pusat ditunjukkan pada gambar 4.16. Setelah itu dilakukan operasi morfologi *opening* dengan *structure element line* menggunakan parameter sudut dari nilai lokal maksima *centroid* yang didapatkan dari Transformasi Radon. Operasi morfologi *opening* akan mengekstraksi jalan raya dari citra biner DSM.

```

1  % mengambil semua nilai sudut
2  filpl = regionprops(fildilasi,'PixelList');
3  pll = cat(1,filpl.PixelList);
4  pll(:,2) = abs(pll(:,2) -
5  size(fildilasi,1)) + 1;
6  plot(pll(:,1),pll(:,2),'r. ');
7  [nilaix, nilaiy] = size(pll);
8  sudutpll = zeros(nilaix,1);
9  sudutpll = pll(:,1);
10 sudutfix = unique(sudutpll);
11 dsmhasilopen = imopen(dsmpro,
12 seopeningroad);
13 hasilradonsm = dsmhasilopen | hasilradon;
14 % melakukan morfologi opening untuk
15 melakukan ekstraksi jalan
16 [tinggi, panjang] = size(dsmpro);
17 hasilradon = zeros(tinggi, panjang);

```

15	<code>for i=1:length(sudutfix(:))</code>
16	<code> seopeningroad = strel('line',300,</code> <code> sudutfix(i));</code>
17	<code> dsmhasilopen = imopen(dsmpro,</code> <code> seopeningroad);</code>
18	<code> hasilradonsm = dsmhasilopen hasilradon;</code>
19	<code>end</code>

Kode Sumber 4.6. Kode program mengambil nilai semua nilai sudut

Sudut didapatkan dengan cara memilih semua nilai sudut pada area yang telah didilasi dengan fungsi *regionprops* dengan parameter *PixelList*. Setelah itu dilakukan operasi morfologi *opening* dengan *structure element line* menggunakan parameter sudut dari semua nilai sudut yang didapatkan dari Transformasi Radon. Operasi morfologi *opening* akan mengekstraksi jalan raya dari citra biner DSM.

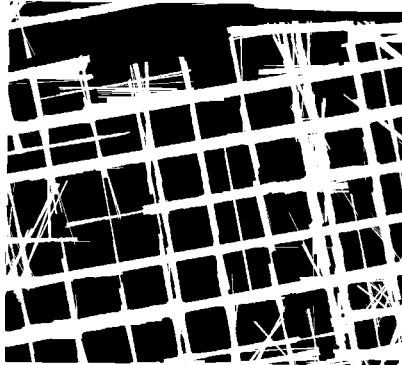
4.2.5 Implementasi Penggabungan Hasil Transformasi Hough dan Transformasi Radon

Setelah dilakukan ekstraksi jalan dari Transformasi Hough dan Transformasi Radon, langkah selanjutnya adalah menggabungkan hasil dari kedua transformasi agar bentuk jalan dapat terlihat. Kode sumber 4.7 menunjukkan proses penggabungan ekstraksi jalan dari Transformasi Hough dan Transformasi Radon.

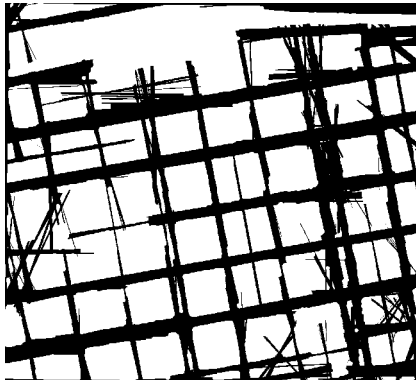
1	<code>hasilgabung = hasilradon </code> <code> hasilhough;</code>
2	<code>hasilakhir =</code> <code> imcomplement(hasilgabung);</code>
3	<code>figure, imshow(hasilakhir);</code>

Kode Sumber 4.7. Kode program penggabungan ekstraksi jalan raya dari Transformasi Hough dan Transformasi Radon

Hasil dari Transformasi Hough dan Transformasi Radon digabungkan dengan operasi *or*. Dalam Matlab operasi *or* ditunjukkan dengan simbol '*|*'. Hasil penggabungan dari Transformasi Hough dan Transformasi Radon ditunjukkan pada gambar 4.17. Hasil akhir ekstraksi jalan raya ditunjukkan pada gambar 4.18.



Gambar 4.17 Hasil penggabungan dari Transformasi Hough dan Transformasi Radon



Gambar 4.18 Hasil akhir ekstraksi jalan raya

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB V

UJI COBA DAN EVALUASI

Bab ini berisi penjelasan mengenai skenario uji coba dan evaluasi pada ekstraksi jalan raya perkotaan pada data DSM dengan menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon. Hasil uji coba didapatkan dari implementasi pada bab 4 dengan beberapa skenario yang berbeda. Bab ini berisikan pembahasan mengenai lingkungan pengujian, data pengujian, dan uji kinerja.

5.1 Lingkungan Uji Coba

Lingkungan pengujian pada uji coba permasalahan ekstraksi jalan raya perkotaan pada data DSM dengan menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon menggunakan spesifikasi keras dan perangkat lunak seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1. Spesifikasi lingkungan uji coba

Perangkat	Jenis Perangkat	Spesifikasi
Perangkat Keras	Prosesor	Intel(R) Core(TM) i5-2.3 GHz
	Memori	4 GB
Perangkat Lunak	Sistem Operasi	Windows 10
	Perangkat Pengembang	MATLAB R2014a

5.2 Data Pengujian

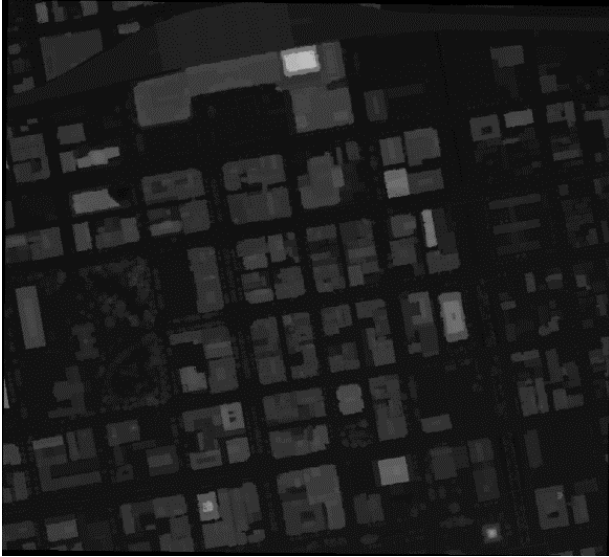
Data uji coba yang digunakan pada penelitian ini adalah data *Digital Surface Model* (DSM) pada kota Sapporo dan Shinjuku Jepang. Data DSM berbentuk matriks yang berisi nilai ketinggian dari suatu area. Nilai ketinggian maksimum adalah 196,21 dan nilai ketinggian minimum adalah 1,44. Jika tidak ada data ketinggian, nilai pada matriks berisi -9999. Data mentah yang berbentuk matriks kemudian diubah menjadi citra *grayscale* agar dapat dilakukan *preprocessing*. Tabel 5.2 menunjukkan spesifikasi data DSM.

Tabel 5.2. Spesifikasi data

Tahun Diperoleh	2002
Kesalahan Horizontal	$\pm 0,5$ meter
Kesalahan Elevasi	$\pm 0,15$ meter
Resolusi Spasial	$\pm 1,0$ meter/piksel
Ukuran Data DSM	1 megapiksel

5.3 *Preprocessing* Data

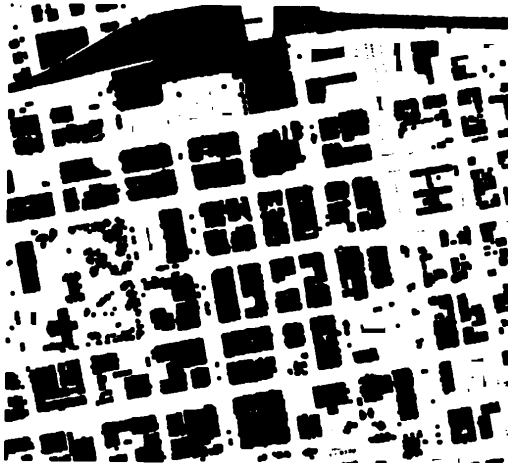
Pada tahap *preprocessing* data, data DSM yang berupa matriks nilai ketinggian diubah menjadi citra *grayscale*, kemudian citra *grayscale* tersebut diolah hingga menjadi citra biner hingga siap dilakukan Transformasi Hough dan Transformasi Radon. Gambar 5.1 sampai gambar 5.4 menunjukkan hasil *preprocessing* dari data DSM.



Gambar 5.1 Citra *grayscale* kota Sapporo



Gambar 5.2 Citra *grayscale* kota Shinjuku



Gambar 5.3 Citra biner kota Sapporo



Gambar 5.4 Citra biner kota Shinjuku

Gambar 5.1 menunjukkan citra *grayscale* kota Sapporo dan gambar 5.2 menunjukkan citra *grayscale* kota Shinjuku dari data DSM. Sedangkan gambar 5.3 menunjukkan citra biner kota Sapporo dan gambar 5.4 menunjukkan citra biner kota Shinjuku.

5.4 Skenario Uji Coba

Sebelum melakukan uji coba, perlu ditentukan skenario yang akan digunakan dalam uji coba. Melalui skenario ini, perangkat akan diuji apakah sudah berjalan dengan benar dan bagaimana performa pada masing-masing skenario. Dan membandingkan skenario manakah yang memiliki hasil lebih baik. Terdapat empat macam skenario uji coba, yaitu :

1. Perhitungan performa dengan mengubah nilai titik puncak yang diambil pada Transformasi Hough. Nilai titik puncak yang diambil adalah 10, 13, dan 15 titik.
2. Perhitungan performa dengan mengubah jenis pengambilan sudut pada Transformasi Radon. Jenis pengambilan sudutnya adalah semua nilai sudut dan nilai sudut pada titik tengahnya (*centroid*) saja.
3. Perhitungan performa dengan mengubah panjang *structure element line* untuk morfologi operasi *opening* yang digunakan untuk mengekstraksi garis jalan raya dari citra biner. Besaran panjang yang digunakan antara lain, 100, 200, 300, 400, 500, 600, dan 700.
4. Perhitungan performa dengan mengubah metode ekstraksi. Metode ekstraksi jalan raya perkotaan adalah menggunakan *thresholding* secara sederhana, *thresholding* dan Transformasi Hough, *thresholding* dan Transformasi Radon, *thresholding* dengan Transformasi Hough dan Transformasi Radon.

Dari uji coba yang dilakukan dapat mempengaruhi hasil akurasi. Dalam skenario uji coba dihitung perhitungan akurasi, kualitas, presisi, spesifisitas (bukan jalan yang terekstraksi), dan sensitivitas (jalan yang terekstraksi). Perhitungan ini menggunakan tabel confusion matrix dijelaskan pada tabel 5.3.

True Positives (TP) merupakan suatu kondisi dimana prediksi bernilai benar, dan hasil sesungguhnya juga bernilai benar, dalam hal ini TP berarti jalan yang terekstraksi sebagai jalan. *True Negatives* (TN) adalah kondisi dimana prediksi

bernilai salah dan yang sebenarnya bernilai salah, dalam hal ini TN berarti bukan area jalan dan tidak terekstraksi. *False Positives* (FP) merupakan kondisi dimana nilai prediksi adalah benar dan sebenarnya adalah salah, dalam hal ini FP berarti bukan jalan yang terekstraksi sebagai jalan. *False Negatives* (FN) adalah kondisi dimana prediksi bernilai salah dan sebenarnya bernilai benar, dalam hal ini FN berarti jalan yang tidak terekstraksi.

Tabel 5. 3 Confusion Matrix

<i>Actual</i>	<i>Predicted</i>	
	<i>Negative</i>	<i>Positive</i>
<i>Negative</i>	TN	FP
<i>Positive</i>	FN	TP

Dari *confusion matrix* dapat diperoleh beberapa hal yaitu:

Accuracy: Secara keseluruhan, seberapa besar yang terklasifikasi dengan benar. Nilai akurasi dihitung dengan rumus

$$Accuracy = \frac{T_p + T_n}{T_p + F_p + T_n + F_n} \quad (5.1)$$

Quality: seberapa baik hasil yang diperoleh dengan benar. Nilai kualitas dihitung dengan rumus

$$Quality = \frac{T_p}{T_p + F_p + F_n} \quad (5.2)$$

Specificity: seberapa besar diprediksi benar ketika kondisi sebenarnya bernilai salah. Nilai *specificity* dihitung dengan

$$Specificity = \frac{T_n}{F_p + T_n} \quad (5.3)$$

Precision: seberapa besar ketepatan nilai yang terekstraksi. Nilai *precision* dihitung dengan

$$Precision = \frac{Tp}{Tp + Fp} \quad (5.4)$$

Sensitivity: seberapa besar ketepatan nilai prediksi dengan kondisi yang sebenarnya, nilai *sensitivity* juga menunjukkan jalan yang berhasil diekstraksi. Nilai *sensitivity* dihitung dengan

$$Sensitivity = \frac{Tp}{Tp + Fn} \quad (5.5)$$

5.4.1 Skenario Uji Coba 1

Skenario uji coba 1 adalah uji coba perhitungan akurasi, kualitas, sensitivitas, spesifisitas, dan presisi dengan mencoba untuk mengubah nilai titik yang diambil pada proses Transformasi Hough. Nilai titik yang diuji coba yaitu 10, 13, dan 15. Pada skenario 1, untuk deteksi garis dengan *houghlines*, parameter *FillGap* yang digunakan adalah 10 dan parameter *MinLength* yang digunakan adalah 500. Hasil performa dan rata-rata pada masing-masing nilai titik puncak dari Transformasi Hough dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Performa masing-masing nilai titik puncak pada Transformasi Hough

Kota	Nilai Titik Puncak	Akurasi (%)	Kualitas (%)	Sensitivitas (%)	Spesifisitas (%)	Presisi (%)
Sapporo	10	81,41	74,79	80,83	82,66	90,92
	13	80,89	73,99	79,69	83,46	91,19
	15	80,53	73,49	79,09	83,64	91,22
	Rata-rata	80,94	74,09	79,87	83,25	91,11
Shinjuku	10	86,77	85,53	93,98	51,08	90,48
	13	86,54	85,22	93,28	53,20	90,79
	15	86,39	85,04	92,98	53,78	90,87
	Rata-rata	86,57	85,26	93,42	52,69	90,72

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada perhitungan performa masing-masing nilai titik puncak pada Transformasi Hough, nilai titik puncak 10 pada Transformasi Hough memiliki akurasi tertinggi yaitu 81,41% pada kota Sapporo dan 86,77% pada kota Shinjuku dibandingkan dengan nilai titik puncak 13 dan 15. Nilai titik puncak 10 juga memiliki nilai kualitas dan *sensitivity* tertinggi dibandingkan dengan titik puncak yang lain. Hal ini menunjukkan lebih banyak hasil jalan yang dapat terekstraksi.

5.4.2 Skenario Uji Coba 2

Skenario uji coba 2 adalah uji coba perhitungan akurasi, kualitas, sensitivitas, spesifisitas, dan presisi dengan mencoba untuk mengubah pengambilan nilai sudut yang dominan pada Transformasi Radon. Nilai pengambilan sudut didapatkan dengan dua cara yaitu dengan mengambil semua nilai sudut hasil perhitungan lokal maksima dan mengambil nilai sudut pada titik tengah lokal maksima. Hasil performa dan rata-rata pada masing-masing cara pengambilan sudut dominan pada lokal maksima dari Transformasi Radon dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada perhitungan performa pengambilan sudut dominan pada lokal maksima dari Transformasi Radon, pengambilan sudut dominan dengan memilih titik pusat dari lokal maksima Transformasi Radon memiliki akurasi tertinggi yaitu 81,41% pada kota Sapporo dan 86,81% pada kota Shinjuku dibandingkan dengan pengambilan sudut dominan dengan memilih semua titik dari lokal maksima Transformasi Radon. Pengambilan sudut dominan dengan memilih titik pusat dari lokal maksima Transformasi Radon kualitas dan *sensitivity* tertinggi dibandingkan dengan titik puncak yang lain. Hal ini menunjukkan lebih banyak hasil jalan yang dapat terekstraksi.

Tabel 5. 5 Performa pengambilan sudut dominan pada lokal maksima dari Transformasi Radon

Kota	Pengambilan Sudut	Akurasi (%)	Kualitas (%)	Sensitivitas (%)	Spesifisitas (%)	Presisi (%)
Sapporo	Titik Pusat	81,41	74,79	80,83	82,66	90,92
	Semua Titik	78,91	70,90	75,27	86,76	92,43
	Rata-rata	80,16	72,85	78,05	84,71	91,67
Shinjuku	Titik Pusat	86,81	85,29	93,37	53,15	90,79
	Semua Titik	86,72	85,25	92,28	59,21	91,80
	Rata-rata	86,66	85,27	92,82	56,18	91,30

5.4.3 Skenario Uji Coba 3

Skenario uji coba 3 adalah uji coba perhitungan akurasi, kualitas, sensitivitas, spesifisitas, dan presisi dengan mengubah panjang *structure element line* untuk morfologi operasi *opening* yang digunakan untuk mengekstraksi garis jalan raya dari citra biner pada proses Transformasi Radon. Besaran panjang yang digunakan antara lain, 100, 200, 300, 400, 500, 600, dan 700. Pada skenario 3, sudut dominan yang diambil adalah titik pusat (*centroid*) dari lokal maksima. Hasil performa dan rata-rata pada masing-masing nilai panjang *structure element line* untuk morfologi operasi *opening* yang digunakan untuk mengekstraksi garis jalan raya dari Transformasi Radon dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada perhitungan performa masing-masing nilai panjang *structure element line* untuk morfologi operasi *opening* dari Transformasi Radon, pengambilan nilai panjang 500 yang digunakan untuk *structure*

element line morfologi operasi *opening* pada proses Transformasi Radon memiliki akurasi tertinggi yaitu 83,43% pada kota Sapporo dan 86,87% pada kota Shinjuku dibandingkan dengan pengambilan sudut dominan dengan memilih semua titik dari lokal maksima Transformasi Radon. Pengambilan sudut dominan dengan memilih titik pusat dari lokal maksima Transformasi Radon kualitas dan *sensitivity* tertinggi dibandingkan dengan titik puncak yang lain. Hal ini menunjukkan lebih banyak hasil jalan yang dapat terekstraksi.

Tabel 5. 6 Performa masing-masing nilai panjang *structure element line* untuk morfologi operasi *opening* dari Transformasi Radon

Kota	Nilai Panjang	Akurasi (%)	Kualitas (%)	Sensitivitas (%)	Spesifisitas (%)	Presisi (%)
Sapporo	100	71,64	60,03	62,43	91,43	93,99
	200	76,94	68,12	72,20	87,13	92,34
	300	81,41	74,79	80,83	82,66	90,92
	400	83,35	78,01	86,60	76,36	88,73
	500	83,43	78,58	89,07	71,33	86,97
	600	83,39	78,82	90,59	67,93	85,85
	700	82,92	78,67	92,30	62,78	84,15
	Rata-rata	80,44	73,86	82,00	77,09	88,99
Shinjuku	100	83,18	80,68	84,44	76,97	94,78
	200	86,25	84,68	91,33	61,10	92,07
	300	86,61	85,29	93,37	53,15	90,79
	400	86,72	85,52	94,29	49,24	90,19
	500	86,87	85,74	94,84	47,44	89,93
	600	86,65	85,54	94,96	45,50	89,61
	700	86,60	85,50	94,98	45,13	89,54
	Rata-rata	86,12	84,71	92,60	54,08	90,99

5.4.4 Skenario Uji Coba 4

Skenario uji coba 4 adalah uji coba perhitungan akurasi, kualitas, sensitivitas, spesifisitas, dan presisi dengan mengubah metode ekstraksi. Metode ekstraksi jalan raya perkotaan adalah menggunakan thresholding secara sederhana, thresholding dan Transformasi Hough, thresholding dan Transformasi Radon, thresholding dengan Transformasi Hough dan Transformasi Radon. Hasil performa dan rata-rata pada masing-masing metode untuk mengekstraksi garis jalan dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada perhitungan performa masing-masing metode ekstraksi jalan raya perkotaan, pemilihan metode gabungan, yaitu thresholding, Transformasi Hough, dan Transformasi Radon, untuk mengekstraksi garis jalan memiliki akurasi tertinggi yaitu 82,02% pada kota Sapporo dan 88,06% pada kota Shinjuku dibandingkan dengan metode yang lain. Hal ini menunjukkan lebih banyak hasil jalan yang dapat terekstraksi.

Tabel 5.7 Performa masing-masing metode ekstraksi jalan raya perkotaan

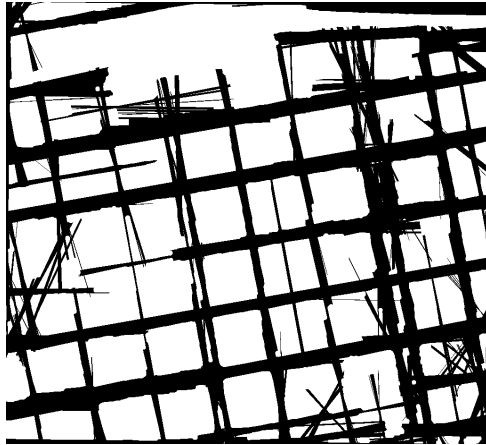
Kota	Sapporo				
Metode	Akurasi (%)	Kualitas (%)	Sensitivitas (%)	Spesifisitas (%)	Presisi (%)
Thresholding	66,42	65,56	93,69	7,85	68,59
Thresholding dan Transformasi Hough	74,99	72,71	97,62	26,39	74,02
Thresholding dan Transformasi Radon	81,41	74,79	80,83	82,66	90,92
Thresholding, Transformasi Hough, dan Transformasi Radon	82,02	75,75	82,31	81,38	90,47
Rata-rata	76,21	72,20	88,62	49,57	81,00

Kota	Shinjuku				
Metode	Akurasi (%)	Kualitas (%)	Sensitivitas (%)	Spesifisitas (%)	Presisi (%)
Thresholding	80,30	80,17	95,77	3,74	83,12
Thresholding dan Transformasi Hough	84,66	83,91	96,20	27,55	86,79
Thresholding dan Transformasi Radon	85,57	82,32	92,41	47,56	87,34
Thresholding, Transformasi Hough, dan Transformasi Radon	86,87	85,48	94,15	49,84	90,28
Rata-rata	84,31	82,97	94,63	32,17	86,88

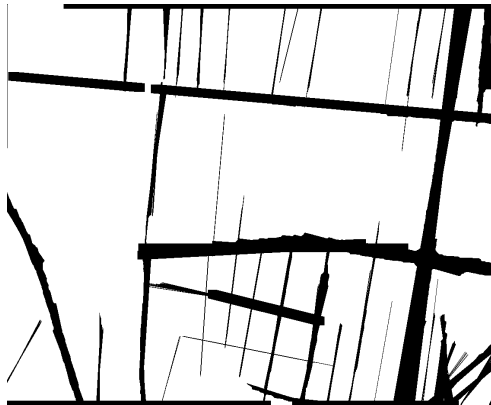
5.5 Evaluasi Umum Skenario Uji Coba

Berdasarkan 4 skenario uji coba yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa tingkat ketepatan sistem untuk mengekstraksi jalan raya sudah cukup baik yaitu dengan besar sensitivitas antara 70% hingga 97%. Secara umum akurasi yang didapat dikatakan sudah baik dengan akurasi maksimal 86,87% menggunakan pengambilan titik puncak pada Transformasi Hough sebesar 10, melakukan pengambilan sudut hanya pada titik pusatnya saja pada lokal maksima Transformasi Radon, dan panjang 500 untuk parameter panjang operasi morfologi *opening* dengan *structure element line* pada Transformasi Radon untuk mengekstraksi garis jalan.

Berikut merupakan contoh hasil ekstraksi jalan raya perkotaan untuk kota Sapporo pada Gambar 5.5 dan kota Shinjuku pada Gambar 5.6.



Gambar 5.5 Hasil ekstraksi jalan raya perkotaan dari data DSM pada kota Sapporo



Gambar 5.6 Hasil ekstraksi jalan raya perkotaan dari data DSM pada kota Shinjuku

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang dapat diambil dari hasil uji coba yang telah dilakukan. Selain kesimpulan, terdapat juga saran yang ditujukan untuk pengembangan perangkat lunak nantinya.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil uji coba ekstraksi jalan raya perkotaan pada data DSM menggunakan Transformasi Hough dan Transformasi Radon adalah sebagai berikut:

1. Implementasi gabungan antara Transformasi Hough dan Transformasi Radon dapat dijadikan metode untuk mengekstraksi jalan raya perkotaan pada data DSM.
2. Pengambilan nilai titik puncak pada Transformasi Hough yang menghasilkan akurasi dan kualitas terbaik pada kasus penelitian ekstraksi jalan raya perkotaan adalah pada nilai 10 titik puncak.
3. Pengambilan sudut dominan lokal maksima pada Transformasi Radon yang menghasilkan akurasi dan kualitas terbaik pada kasus penelitian ekstraksi jalan raya perkotaan adalah pengambilan nilai sudut pada titik pusat di lokal maksima.
4. Besaran nilai parameter panjang pada *structure element line* operasi morfologi *opening* yang menghasilkan akurasi terbaik adalah 500.
5. Pemilihan metode terbaik untuk melakukan ekstraksi jalan raya perkotaan dari data DSM ini adalah melakukan gabungan menggunakan metode *thresholding*, Transformasi Hough, dan Transformasi Radon dengan akurasi terbaik sebesar 86,87%.
6. Akurasi tertinggi yang didapat dari keempat skenario uji coba adalah 86,87%.

6.2 Saran

Saran yang diberikan untuk pengembangan perangkat lunak ini adalah:

1. Menambah jumlah data DSM lain sehingga metode Transformasi Hough dan Transformasi Radon dapat dievaluasi lebih dalam.
2. Untuk meningkatkan kualitas dari jalan yang terekstraksi dapat dilakukan pengenalan jalan yang sempit dan yang terdapat lengkungan dengan menggabungkan data DSM dengan citra foto udara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), "Glossary of Statistical Terms," 2007.
- [2] M. G. Lay, *Ways of the World: A History of the World's Roads and of the Vehicles that Used Them*, Rutgers University Press, 1992.
- [3] Z. Li, Q. Zhu and C. Gold, *Digital terrain modeling: principles and methodology*, Boca Raton: CRC Press, 2005.
- [4] L. G. Shapiro and G. C. Stockman, *Computer Vision*, New Jersey: Prentice-Hall, 2001.
- [5] D. Pyle, *Data Preparation for Data Mining*, Los Altos, California: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- [6] GOEPEL electronic, "Image pre-processing - GOEPEL Electronic," [Online]. Available: <http://www.goepel.com/en/industrial-vision-solutions/tom-line/tom-line-software/image-pre-processing.html>. [Accessed 12 Mei 2016].
- [7] T. Huang, G. Yang and G. Tang, "A fast two-dimensional median filtering algorithm," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. 27, no. 1, pp. 13-18, 1979.
- [8] S. M. Pizer, E. P. Amburn and J. D. Austin, "Adaptive Histogram Equalization and Its Variations," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 39, pp. 355-368, 1987.
- [9] R. O. Duda and P. E. Hart, "Use of The Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures," *Communications of the ACM*, vol. 15, no. 1, pp. 11-15, 1972.

- [10] D. Herumurti, K. Uchimura, G. Koutaku and U. Takumi, "Urban Road Extraction Based-on Morphological Operations and Radon Transform on DSM Data," *ITE Transactions on Media Technology and Applications (MTA)*, vol. 2, no. 3, pp. 277-286, 2014.
- [11] "Pengertian Citra Digital, Pengolahan Citra, Warna Pada Citra Digital Dan Citra Biner," *Mahir Ilmu Teknik Informatika*, [Online]. Available: <http://wetom.blogspot.com/2015/11/5.html>. [Accessed 29 December 2015].
- [12] D. Herumurti, K. Uchimura, G. Koutaki and T. Uemura, "Urban Road Extraction based on Hough Transform and Region Growing," *The 19th Korea - Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision*.

BIODATA PENULIS



Rr. Ajeng Sofiana, lahir di Surabaya pada tanggal 7 Mei 1994. Penulis menempuh pendidikan mulai dari TK Dharma Wanita Surabaya (2000), SDN Kedurus III No. 430 Surabaya (2000-2006), SMPN 12 Surabaya (2006-2009), SMAN 5 Surabaya (2009-2012), dan sekarang sedang menjalani pendidikan S1 Teknik Informatika di ITS. Penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Computer (HMTTC). Diantaranya adalah menjadi Staf Departemen Kewirausahaan dan Minat Bakat Himpunan Mahasiswa Teknik Computer-Informatika 2013-2014 dan Sekretaris Departemen Kewirausahaan dan Minat Bakat Himpunan Mahasiswa Teknik Computer-Informatika ITS 2014-2015. Penulis juga aktif dalam kegiatan kepanitiaan Schematics. Diantaranya penulis pernah menjadi Staff Kesekretariatan Schematics 2013 dan Staff Hubungan Masyarakat 2014. Penulis mengambil bidang minat Komputasi Cerdas Visual (KCV). Komunikasi dengan penulis dapat melalui email: ajengsofiana@gmail.com.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]