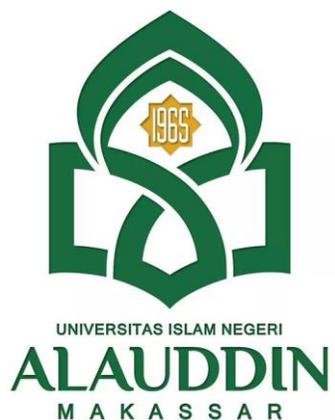


SISTEM PENGATUR LAMPU LALU LINTAS MENGUNAKAN *IMAGE PROCESSING*



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar
Sarjana Komputer pada Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar

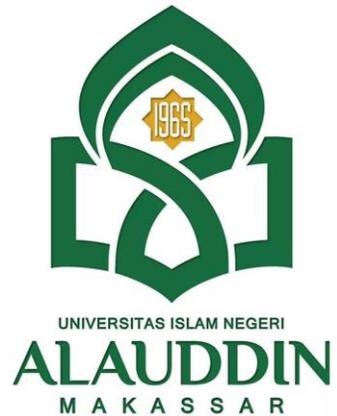
Oleh:

MUHAMMAD TAUFIQ HIDAYAT
NIM: 60200111063

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
2016**

HALAMAN JUDUL

**SISTEM PENGATUR LAMPU LALU LINTAS
MENGUNAKAN *IMAGE PROCESSING***



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar

Sarjana Komputer pada Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Alauddin Makassar

Oleh:

MUHAMMAD TAUFIQ HIDAYAT

NIM: 60200111063

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UIN ALAUDDIN MAKASSAR

2016

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Taufiq Hidayat
NIM : 60200111063
Tempat/Tgl. Lahir : Bantaeng, 15 Mei 1993
Jurusan : Teknik Informatika
Fakultas/Program : Sains dan Teknologi
Judul : Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas Menggunakan *Image Processing*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya saya sendiri. Jika di kemudian hari terbukti bahwa ini merupakan duplikasi, tiruan, plagiat, atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Makassar, 29 Agustus 2016

Penyusun,



Muhammad Taufiq Hidayat
NIM : 60200111052

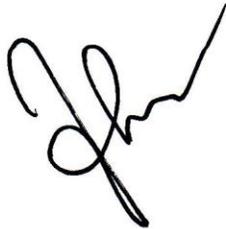
PERSETUJUAN PEMBIMBING

Pembimbing penulisan skripsi saudara **Muhammad Taufiq Hidayat : 60200111063**, mahasiswa Jurusan Teknik Informatika pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar, setelah dengan seksama meneliti dan mengoreksi skripsi yang bersangkutan dengan judul, “**Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas Menggunakan *Image Processing***”, memandang bahwa skripsi tersebut telah memenuhi syarat-syarat ilmiah dan dapat disetujui untuk diajukan ke sidang Munaqasyah.

Demikian persetujuan ini diberikan untuk proses selanjutnya.

Makassar, 29 Agustus 2016

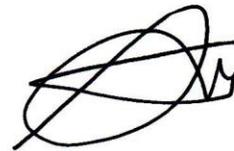
Pembimbing I



Faisal, S. T., M. T.,

NIP. 19720721 201101 1 001

Pembimbing II



Nur Afif, S. T., M. T.,

NIP. 19811024 200912 1 003

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas Menggunakan *Image Processing*” yang disusun oleh Muhammad Taufiq Hidayat, NIM 60200111063, mahasiswa Jurusan Teknik Informatika pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang *munaqasyah* yang diselenggarakan pada Hari senin, Tanggal 29 Agustus 2016 M, bertepatan dengan 25 Dzulkaidah 1437 H, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Informatika, Jurusan Teknik Informatika.

Makassar, 29 Agustus 2016 M

25 Dzulkaidah 1437 H

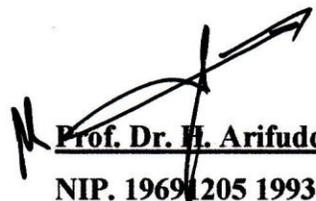
DEWAN PENGUJI :

Ketua : Dr. Muh. Thahir Malloko, M. Th. I
Sekertaris : Mega Orina Fitri, S.T, M.T.
Munaqisy I : Yusran Bobihu, S. Kom., M.Si.
Munaqisy II : Dr. H. Kamaruddin Tone, M.M.
Munaqisy III : Dr. H. Supardin, M.Hi.
Pembimbing I : Faisal, S.T., M.T.
Pembimbing II : Nur Afif, S.T., M.T.

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Diketahui oleh :

↳ Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar, ↳


Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag.
NIP. 19691205 199303 1 001

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Tiada kata yang pantas penulis ucapkan selain puji syukur kehadirat Allah swt. atas berkat dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam tak lupa penulis kirimkan kepada Baginda Rasulullah saw. yang telah membimbing kita semua. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat kesarjanaan di UIN Alauddin Makassar jurusan Teknik Informatika fakultas Sains dan Teknologi.

Dalam pelaksanaan penelitian sampai pembuatan skripsi ini, penulis banyak sekali mengalami kesulitan dan hambatan. Tetapi berkat keteguhan dan kesabaran penulis akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan juga. Terima kasih yang tak terhingga pula kepada orang tua penulis, ayahanda Drs. Abd. Hakim dan ibunda Sumiati yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan baik moral maupun materiil yang merupakan kekuatan besar bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Bantuan dari berbagai pihak yang dengan senang hati meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan dukungan baik secara moril maupun materiil yang tak henti-hentinya kepada penulis juga menjadi semangat positif untuk menyelesaikan skripsi ini.

Melalui kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada

1. Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar Prof. Dr. H. Musafir Pababbari, M.Si.
2. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag.
3. Ketua Jurusan Teknik Informatika Faisal, S.T., M.T. dan Ibu. Mega Orina Fitri, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Informatika.
4. Pembimbing I Faisal, S.T., M.T. dan Pembimbing II Nur Afif, S.T., M.T. yang telah membimbing dan membantu penulis untuk mengembangkan pemikiran dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
5. Penguji I Yusran Bobihu, S.Kom., M.Si. , Penguji II Dr. H. Kamaruddin Tone, M.M. dan Penguji III Dr. H. Supardin, M.Hi. yang telah menguji dan membimbing dalam penulisan skripsi ini.
6. Seluruh dosen, staf dan karyawan Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar yang telah banyak memberikan sumbangsih baik tenaga maupun pikiran.
7. Kakak dan adik saya Hasmawati, Satriani, Amir, dan Magfira yang selalu memberi dukungan dan motivasi untuk penyelesaian skripsi ini.
8. Sahabat-sahabat ASC11 dari Teknik Informatika angkatan 2011 yang telah menjadi saudara seperjuangan menjalani suka dan duka bersama dalam menempuh pendidikan di kampus.

9. Nurfadilla, Mukrim Al Mabror dan Muhammad Adrey Fatawallah yang telah banyak memberi dukungan, motivasi dan selalu memberikan solusi untuk setiap permasalahan selama pengembangan sistem.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, namun telah banyak terlibat membantu penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.

Akhirnya harapan penulis semoga hasil penyusunan skripsi ini memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan demi kesejahteraan umat manusia. Harapan tersebut penulis haturkan kehadiran yang Maha Kuasa, agar limpahan rahmat dan karunia-Nya tetap diberikan, semoga senantiasa dalam lindungan-Nya.

Makassar, 29 Agustus 2016

Penyusun,



Muhammad Taufiq Hidayat
NIM : 60200111052

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK	xii
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Fokus Penelitian dan Deskripsi Fokus	4
D. Kajian Pustaka/ Penelitian Terdahulu	5
E. Tujuan dan Kegunaan Penelitian	7
BAB II : LANDASAN TEORETIS	9
A. Sistem.....	9
B. Lampu Lalu Lintas	10
C. Image Processing	11
D. Raspberry Pi.....	13
E. Python	19
F. OpenCV Library.....	20
G. Tokoh Islam Penemu Teknologi	22
H. Flowchart	29
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN	32
A. Jenis dan Lokasi Penelitian	32
B. Pendekatan Penelitian	32
C. Sumber Data.....	32

D.	Metode Pengumpulan Data	33
E.	Instrumen Penelitian.....	34
F.	Teknik Pengolahan dan Analisis Data	35
G.	Metode Pengembangan Sistem	35
H.	Teknik Pengujian Sistem	37
BAB IV : ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....		38
A.	Analisis Sistem.....	38
B.	Perancangan Aplikasi.....	41
BAB V : IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM		52
A.	Implementasi	52
B.	Pengujian Sistem.....	53
BAB VI : PENUTUP.....		58
A.	Kesimpulan	58
B.	Saran.....	58

DAFTAR GAMBAR

II.1. Lampu Lalu Lintas	11
II.2. Perbedaan <i>Raspberry Pi</i> Model A dan B	15
II.3. Perbedaan Model <i>Raspberry Pi</i> 1, 2, dan 3	16
II.4. <i>GPIO Raspberry Pi 1 Model B</i>	17
II.5. <i>GPIO Raspberry Pi 2 dan 3 Model B</i>	18
II.6. Abbas Qasim Ibnu Firnas	22
II.7. Al-Khawarizmi	24
II.8. Al Jazari.....	26
II.9. Ibnu Haitham.....	28
III. 1. Model Prototype.....	36
IV. 1. Flowchart Diagram Analisis Sistem yang Sedang Berjalan	38
IV.2. Diagram blok Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas Menggunakan Image Processing	42
IV.4. Rangkaian Power Supply.....	44
IV.5. Rangkaian Blok LED Merah, Kuning, dan Hijau.....	45
IV.6. Flowchart Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas menggunakan Image Processing	43
V.1. Maket Simulasi Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas Menggunakan Image Processing.....	45
V.2. <i>Flowchart</i> dan <i>Flowgraph</i> Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas Menggunakan Image Processing	50

DAFTAR TABEL

II.1 Daftar Simbol <i>Flowmap Diagram</i>	30
---	----

ABSTRAK

Nama : Muhammad Taufiq Hidayat
Nim : 60200111063
Jurusan : Teknik Informatika
Judul : Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas Menggunakan
Image Processing
Pembimbing I : Faisal, S. T., M. T.,
Pembimbing II : Nur Afif, S. T., M. T.,

Makassar termasuk pada posisi kesembilan kota termacet di Indonesia berdasarkan *Castrol's Magnatec Stop-Start index*. Salah satu penyebab terjadinya kemacetan di jalan yaitu pengaturan durasi lampu lalu lintas yang tidak akurat dan tidak menyesuaikan dengan kepadatan kendaraan pada ruas jalan.

Image processing adalah suatu metode yang digunakan untuk memproses atau memanipulasi gambar dalam bentuk dua dimensi dan dapat juga dikatakan segala operasi untuk memperbaiki, menganalisa, atau mengubah suatu gambar.

Tujuan penelitian ini yaitu diharapkan dapat menghasilkan suatu rancangan sistem pengatur lampu lalu lintas yang memanfaatkan *image processing* terhadap kepadatan kendaraan yang dapat mengoptimalkan durasi guna mengatur kelancaran lalu lintas.

Dalam melakukan penelitian ini, jenis yang digunakan adalah *prototype* dengan menggunakan komputer mini *Raspberry Pi*. Dirancang dengan bahasa pemrograman *Python* dan sebagai pustaka tambahan menggunakan *OpenCV* sebagai pengolahan citra digital. Pemodelannya menggunakan flowchart dan diuji dengan metode pengujian *white box*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengatur lampu lalu lintas dengan menggunakan *image processing* dapat mengukur kepadatan tiap ruas jalan pada persimpangan empat jalan dan mengatur durasi lampu lalu lintas tiap ruas jalan, sehingga dapat diimplementasikan berdasarkan tujuannya.

Kata Kunci : Macet, *Image Processing*, *Raspberry pi*, *Lampu Lalu Lintas*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan total jumlah penduduk berdasarkan sensus penduduk 2015 oleh Badan Pusat Statistik adalah 251.370.792 jiwa, yang membuat Indonesia masuk posisi keempat jumlah penduduk terbanyak di dunia (Badan Pusat Statistik, 2015).

Dengan penduduk sebanyak itu, Indonesia tak luput dari masalah kemacetan. Negara Indonesia, terkhusus pada ibukota DKI Jakarta merupakan kota termacet di dunia berdasarkan *Castrol's Magnatec Stop-Start index* (Pantazi, 2015). Bukan hanya Jakarta, kota Makassar termasuk pada posisi kesembilan kota termacet di Indonesia (Erawan, 2014).

Dengan tingkat kemacetan tinggi, kerugian yang ditimbulkan pada kota DKI Jakarta mencapai Rp 65 trilliun per tahun (Moerwanto, 2015). Kerugian tersebut sudah ditafsirkan dalam Al-quran surah Al Ashr ayat 1-2 yang berbunyi:

وَالْعَصْرِ ۝ إِنَّ الْإِنْسَانَ لَفِي خُسْرٍ ۝

Terjemahnya:

[1] Demi masa. [2] Sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian.
(Departemen Agama RI, Al-Qur'an dan Terjemahannya, 2006)

Pada ayat pertama menurut Quraish Shihab, *'Ashr* dimaknai sebagai waktu secara umum atau mutlak. Makna ini diambil berdasarkan asumsi bahwa *'Ashr* merupakan hal yang terpenting dalam kehidupan manusia. Pada ayat kedua, kata *'khusr* dipahami sebagai kerugian, kesesatan dan kecelakaan besar. Manusia akan selalu diliputi kerugian (Shihab, 2003).

Penggalan ayat tersebut terkandung bahwa banyak orang rugi akibat tidak memahami hakikat waktu dengan menghabiskannya secara sia-sia. Dalam hal ini, waktu terbuang sia-sia di jalan akibat kemacetan. Sehingga penggunaan ilmu pengetahuan dan teknologi dibutuhkan dalam menyelesaikan masalah ini.

Di dalam Al-quran juga menyebutkan bahwa ilmu pengetahuan juga sangat dianjurkan dalam Islam, seperti yang terkandung dalam Al-quran surah Al-Mujadalah ayat 11 yang berbunyi:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ وَإِذَا قِيلَ
 أَدْبُرُوا فَأَدْبُرُوا يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ»

Terjemahnya:

Hai orang-orang beriman apabila dikatakan kepadamu: "Berlapang-lapanglah dalam majlis", maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: "Berdirilah kamu", maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan. (Departemen Agama RI, Al-Qur'an dan Terjemahannya, 2006)

Ilmu yang dimaksud oleh ayat di atas bukan saja ilmu agama, tetapi ilmu apapun yang bermanfaat. Dengan demikian menunjukkan bahwa ilmu dalam pandangan al-Qur'an bukan hanya ilmu agama. Di sisi lain itu juga menunjukkan

bahwa ilmu haruslah menghasilkan Khasyyah yakni rasa takut dan kagum kepada Allah, yang pada gilirannya mendorong yang berilmu untuk mengamalkan ilmunya serta memanfaatkannya untuk kepentingan makhluk (Shihab, 2003).

Terjadinya kemacetan di jalan selain disebabkan tidak sebandingnya jumlah kendaraan dengan lebar jalan, juga disebabkan pengaturan durasi lampu lalu lintas pada persimpangan empat jalan yang tidak akurat yang tidak menyesuaikan dengan kepadatan kendaraan pada ruas jalan. Durasi lampu lalu lintas sudah ditetapkan pada awal pemasangan lampu lalu lintas. Sehingga, sistem tersebut tidak akurat diterapkan pada jalan-jalan yang padat pada jam-jam tertentu.

Untuk menyelesaikan permasalahan ini perlu dibuat sistem pengatur durasi lalu lintas dengan memanfaatkan *image processing* kepadatan kendaraan pada ruas jalan. Sistem ini akan mengatur durasi lampu lalu lintas secara otomatis sehingga pada ruas jalan yang kendarannya cukup padat dapat di urai dengan durasi lampu hijau lebih lama.

Berdasarkan uraian di atas maka pada tugas akhir ini, akan dibuat suatu sistem pengatur durasi lampu lalu lintas menggunakan *image processing*. Dengan adanya sistem ini, kemacetan pada jalan dapat dikurangi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka pokok permasalahan yang dihadapi adalah “Bagaimana merancang dan membangun sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* untuk mengoptimalkan durasi lampu lalu lintas terhadap kepadatan arus lalu lintas?”

C. Fokus Penelitian dan Deskripsi Fokus

Agar dalam pengerjaan tugas akhir ini dapat lebih terarah, maka fokus penelitian penulisan ini dibatasi pada pembahasan sebagai berikut:

1. Sistem ini menggunakan kamera dengan resolusi minimal 5 *megapixel*.
2. Sistem ini menggunakan *Raspberry Pi 2* dengan sistem operasi *Arch Linux ARM*.
3. Sistem ini menggunakan sebuah marka pada jalan sebagai batasan pemrosesan gambar.
4. Sistem ini digunakan pada persimpangan jalan dengan pencahayaan yang baik.
5. Target pengguna aplikasi ini di tujukan untuk masyarakat umum.
6. Sistem ini akan mengatur lampu lalu lintas dan menampilkan durasi lampu lalu lintas.

Sedangkan untuk mempermudah pemahaman dan memberikan gambaran serta menyamakan persepsi antara penulis dan pembaca, maka dikemukakan penjelasan yang sesuai dengan variabel dalam penelitian ini. Adapun deskripsi fokus dalam penelitian adalah:

1. Sistem adalah sekelompok elemen-elemen yang terintegrasi dengan tujuan yang sama untuk mencapai tujuan. Informasi adalah data yang diolah menjadi bentuk lebih berguna dan lebih berarti bagi yang menerimanya. Sistem informasi adalah suatu sistem di dalam suatu organisasi yang mempertemukan kebutuhan pengolahan data transaksi harian, mendukung operasi, bersifat manajerial, dan kegiatan strategi dari suatu organisasi (Yakup 2012).

2. Lampu lalu lintas adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang pada persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki, dan tempat arus lalu lintas lainnya (Wikipedia, 2015).
3. *Image processing* adalah pengolahan sebuah citra menggunakan operasi matematika dengan menggunakan segala bentuk pemrosesan sinyal dengan masukan berupa citra atau gambar, seperti foto atau video (Rafael, 2008).
4. *Raspberry pi* yang sering juga disingkat dengan nama Raspi, adalah komputer papan tunggal (*Single Board Circuit/SBC*) yang memiliki ukuran sebesar kartu kredit (Wikipedia, 2015).

D. Kajian Pustaka/ Penelitian Terdahulu

Berkaca dari pesatnya perkembangan teknologi informasi, banyak terdapat sistem yang berhubungan dengan kajian sistem lampu lalu lintas dan *image processing*. Akan tetapi metode yang digunakan berbeda-beda serta penggunaan teknologi yang beraneka ragam. Beberapa sistem yang pernah dibuat antara lain:

Penelitian pertama oleh Riswandi dan Syofyan (2004) yang berjudul “*Perencanaan Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas untuk Meningkatkan Kapasitas Simpang Empat di Kawasan Pasar Raya Padang*”. Sistem tersebut mengatur lampu lalu lintas di persimpangan dengan metode waktu tetap (*fix time*). Sistem tersebut terlebih dahulu mengamati jam-jam terjadinya kemacetan. Data yang diperoleh lalu dimasukkan ke sistem lalu diterapkan pada lampu lalu lintas.

Persamaan penelitian di atas dengan penelitian yang akan dibuat adalah sama-sama membuat sistem pengatur lampu lalu lintas. Sedangkan perbedaannya adalah

pada penelitian di atas menggunakan sistem waktu tetap (*fix time*) dan pada penelitian yang akan dibuat menggunakan pengolahan citra kepadatan kendaraan sehingga menggunakan sistem waktu yang dinamis yang menyesuaikan jumlah kendaraan.

Penelitian kedua oleh On, Mardjoko, dan Martanto (2007) yang berjudul “*Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas secara Sentral dari Jarak Jauh*”. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu sistem lampu lalu lintas yang dapat dikontrol dari jarak jauh secara sentral.

Persamaan penelitian di atas dengan penelitian yang akan dibuat adalah sama-sama membuat sistem lampu lalu lintas. Sedangkan perbedaannya adalah pada penelitian di atas memang sudah menggunakan waktu dinamis, tetapi harus tetap diamati dan dikontrol secara manual dari sebuah tempat. Pada penelitian yang akan dibuat menggunakan pengolahan citra kepadatan kendaraan sehingga menggunakan sistem waktu yang dinamis yang menyesuaikan jumlah kendaraan.

Penelitian ketiga oleh Prasetyo dan Sutisna (2014) yang berjudul “*Implementasi Algoritma Logika Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Menggunakan Mikrokontroler*”. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sensor inframerah untuk mendeteksi jumlah kedatangan kendaraan pada setiap jalur.

Persamaan penelitian di atas dengan penelitian yang akan dibuat adalah sama-sama membuat sistem pengatur lampu lalu lintas yang menggunakan sistem waktu dinamis. Sedangkan perbedaannya, pada penelitian di atas menggunakan sensor inframerah untuk mengukur kepadatan kendaraan. Pada penelitian yang akan dibuat menggunakan pengolahan citra kepadatan kendaraan.

E. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu rancangan sistem pengatur lampu lalu lintas memanfaatkan *image processing* terhadap kepadatan kendaraan yang dapat mengoptimalkan durasi lampu lalu lintas guna mengatur kelancaran arus lalu lintas.

2. Kegunaan Penelitian

a. Kegunaan bagi dunia akademik

Dapat memberikan suatu referensi yang berguna bagi dunia akademis khususnya dalam penelitian yang akan dilaksanakan oleh para peneliti yang akan datang dalam hal perkembangan teknologi berbasis pemrosesan gambar atau *image processing*.

b. Kegunaan bagi masyarakat

Dengan adanya sistem ini masyarakat dapat terbantu, karena sistem ini dapat menurunkan tingkat kemacetan yang sering terjadi pada jalan-jalan dengan sistem pengaturan lampu lalu lintas berdasarkan tingkat kepadatan kendaraan.

c. Kegunaan bagi penulis

Dapat mengembangkan wawasan keilmuan dan meningkatkan pemahaman tentang komputer mini seperti *raspberry pi* dan pemrosesan gambar. Serta menjadi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi strata satu jurusan teknik informatika UIN Alauddin Makassar.

BAB II

LANDASAN TEORETIS

A. Sistem

Prof. Dr. Mr. S. Prju Atmosudirjo di dalam bukunya, “Pengambilan Keputusan”, mendefinisikan: Sistem adalah setiap sesuatu yang terdiri dari objek-objek, atau komponen-komponen yang berkaitan, tertata dan saling berhubungan satu sama lain sedemikian rupa sehingga unsur-unsur tersebut menjadi satu kesatuan dari pemrosesan atau pengolahan data tertentu. Menurut Lukas dalam buku Sistem Informasi Manajemen menyatakan bahwa: “Sistem adalah kumpulan atau himpunan dari unsur, komponen, atau variabel-variabel yang terorganisir, saling berinteraksi, saling tergantung satu sama lain dan terpadu” (Komorotomo, 2001: 8).

Menurut Jerry Fitz Gerald, Ardaf Fitz Gerald dan Waren D. Stallings, Jr menyatakan: “Sistem adalah suatu jaringan kerja dari prosedur-prosedur yang saling berhubungan, berkumpul bersama-sama untuk melakukan suatu kegiatan atau untuk menyelesaikan suatu sasaran yang tertentu” (Jogiyanto, 2001 : 1) Dari pengertian dan pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa “Sistem adalah mengandung arti kumpulan, unsur atau komponen yang saling berhubungan satu sama lain secara teratur dan merupakan satu kesatuan yang saling ketergantungan untuk mencapai suatu tujuan”.

Konsep dasar sistem adalah suatu kumpulan atau himpunan dari unsur, komponen atau variabel-variabel yang terorganisasi, saling berinteraksi, saling tergantung satu sama lain dan terpadu. (Sutarbi, 2004).

Terdapat dua kelompok pendekatan di dalam mendefinisikan sistem yang menekankan pada prosedurnya dan yang menekankan pada komponen atau elemennya, yaitu (Jogiyanto, 2001 : 2)

1. Pendekatan sistem yang lebih menekankan pada prosedur. Mendefinisikan sistem sebagai suatu jaringan kerja yang dari prosedur-prosedur yang saling berhubungan, berkumpul bersama-sama untuk melakukan suatu kegiatan atau untuk menyelesaikan suatu sasaran yang tertentu.
2. Pendekatan sistem yang lebih menekankan pada elemen atau komponennya. Mendefinisikan sistem sebagai suatu kumpulan dari elemen-elemen yang berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

B. Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas (menurut UU no. 22/2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan: alat pemberi isyarat lalu lintas atau APILL) adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki, dan tempat arus lalu lintas lainnya.

Lampu ini yang menandakan kapan kendaraan harus berjalan dan berhenti secara bergantian dari berbagai arah. Pengaturan lalu lintas di persimpangan jalan dimaksudkan untuk mengatur pergerakan kendaraan pada masing-masing kelompok

pergerakan kendaraan agar dapat bergerak secara bergantian sehingga tidak saling mengganggu antar-arus yang ada.



Gambar II.1 Lampu Lalu Lintas

C. Image Processing

Image processing adalah suatu metode yang digunakan untuk memproses atau memanipulasi gambar dalam bentuk 2 dimensi *image processing* dapat juga dikatakan segala operasi untuk memperbaiki, menganalisa, atau mengubah suatu gambar (Gonzalez, 2002).

Konsep dasar pemrosesan suatu objek pada gambar menggunakan pengolahan citra diambil dari kemampuan indera penglihatan manusia yang selanjutnya dihubungkan dengan kemampuan otak manusia. Dalam sejarahnya, pengolahan citra

telah diaplikasikan dalam berbagai bentuk, dengan tingkat kesuksesan cukup besar. Seperti berbagai cabang ilmu lainnya, pengolahan citra menyangkut pula berbagai gabungan cabang-cabang ilmu, diantaranya adalah optik, elektronik, matematika, fotografi, dan teknologi komputer (Gonzalez, 2002).

Pada umumnya, objektivitas dari pengolahan citra adalah mentransformasi atau menganalisis suatu gambar sehingga informasi baru tentang gambar dibuat lebih jelas. Ada empat klasifikasi dasar dalam pengolahan citra yaitu *point*, *area*, *geometric*, dan *frame* (Gonzalez, 2002).

1. *Point* memproses nilai *pixel* suatu gambar berdasarkan nilai atau posisi dari *pixel* tersebut. Contoh dari proses *point* adalah *adding*, *subtracting*, *contrast stretching* dan lainnya.
2. *Area* memproses nilai *pixel* suatu gambar berdasarkan nilai pixel tersebut beserta nilai *pixel* sekelilingnya. Contoh dari proses *area* adalah *convolution*, dan *blurring*.
3. *Geometric* digunakan untuk mengubah posisi dari *pixel*. Contoh dari proses *geometric* adalah *scaling*, *rotation*, dan *mirroring*.
4. *Frame* memproses nilai *pixel* suatu gambar berdasarkan operasi dari 2 buah gambar atau lebih. Contoh dari proses *frame* adalah *addition*, *subtraction*, dan *and/or*.

Selain itu masih ada 3 tipe pengolahan citra yaitu:

1. *Low-level process*: proses-proses yang berhubungan dengan operasi primitif seperti *image pre-processing* untuk mengurangi *noise*, menambah kontras dan

menajamkan gambar. Pada *low-level process*, *input* dan *output* - nya berupa gambar.

2. *Mid-level process*: proses-proses yang berhubungan dengan tugas-tugas seperti segmentasi gambar (membagi gambar menjadi objek-objek), pengenalan (*recognition*) suatu objek individu. Pada *mid-level process*, input pada umumnya berupa gambar tetapi output-nya berupa atribut yang dihasilkan dari proses yang dilakukan gambar tersebut seperti garis, garis *contour*, dan objek- objek individu.
3. *High-level process*: proses-proses yang berhubungan dengan hasil dari *midlevel process* (Gonzalez, 2002).

D. Raspberry Pi

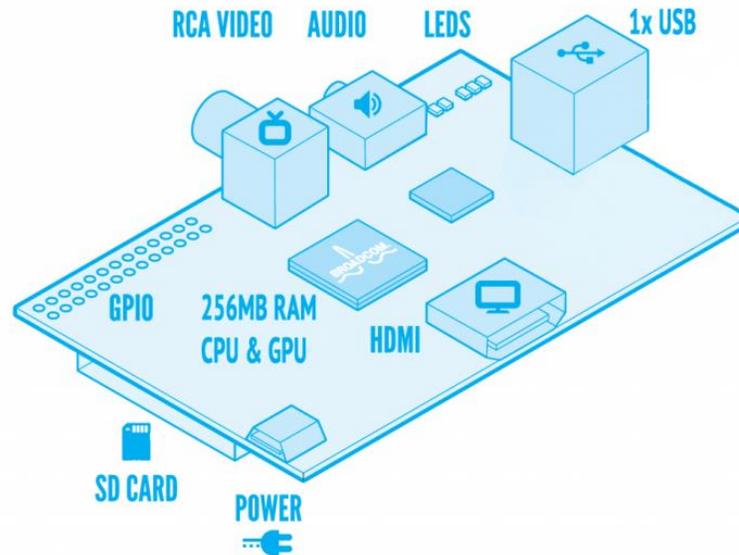
Raspberry Pi, sering juga disingkat dengan nama Raspi, adalah komputer papan tunggal (*Single Board Circuit /SBC*) yang memiliki ukuran sebesar kartu kredit. Raspberry Pi bisa digunakan untuk berbagai keperluan, seperti *spreadsheet*, *game*, bahkan bisa digunakan sebagai *media player* karena kemampuannya dalam memutar video high definition. Raspberry Pi dikembangkan oleh yayasan nirlaba, *Raspberry Pi Foundation* yang dikembangkan sejumlah developer dan ahli komputer dari Universitas *Cambridge*, Inggris.

Ide dibalik komputer mini ini diawali dari keinginan untuk mencetak generasi baru *programmer*, pada 2006 lalu. Seperti disebutkan dalam situs resmi *Raspberry Pi Foundation*, waktu itu Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang, dan Alan Mycroft, dari Laboratorium Komputer Universitas *Cambridge* memiliki kekhawatiran melihat kian

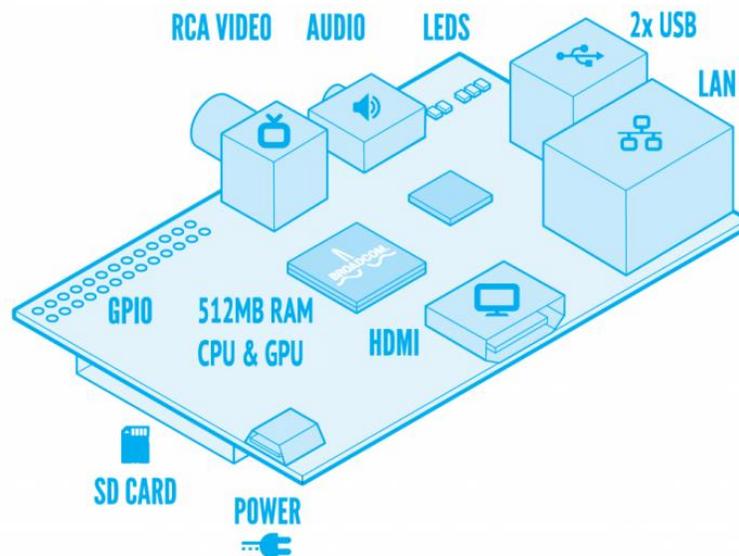
turunnya keahlian dan jumlah siswa yang hendak belajar ilmu komputer. Mereka lantas mendirikan yayasan *Raspberry Pi* bersama dengan Pete Lomas dan David Braben pada 2009. Tiga tahun kemudian, *Raspberry Pi Model B* memasuki produksi massal. Dalam peluncuran pertamanya pada akhir Februari 2012 dalam beberapa jam saja sudah terjual 100.000 unit. Kini, sekitar dua tahun kemudian, *Raspberry Pi* telah terjual lebih dari 2,5 juta unit ke seluruh dunia.

Raspberry Pi memiliki dua model yakni model A dan model B. Secara umum *Raspberry Pi* memiliki kapasitas penyimpanan sebesar 512 MB. Perbedaan model A dan model B terletak pada modul penyimpanan yang digunakan. Model A menggunakan penyimpanan sebesar 256 MB, sedangkan model B menggunakan penyimpanan sebesar 512 MB. Selain itu, model B sudah dilengkapi dengan porta Ethernet yang tidak terdapat di model A (Wikipedia, 2016).

RASPBERRY PI MODEL A



RASPBERRY PI MODEL B



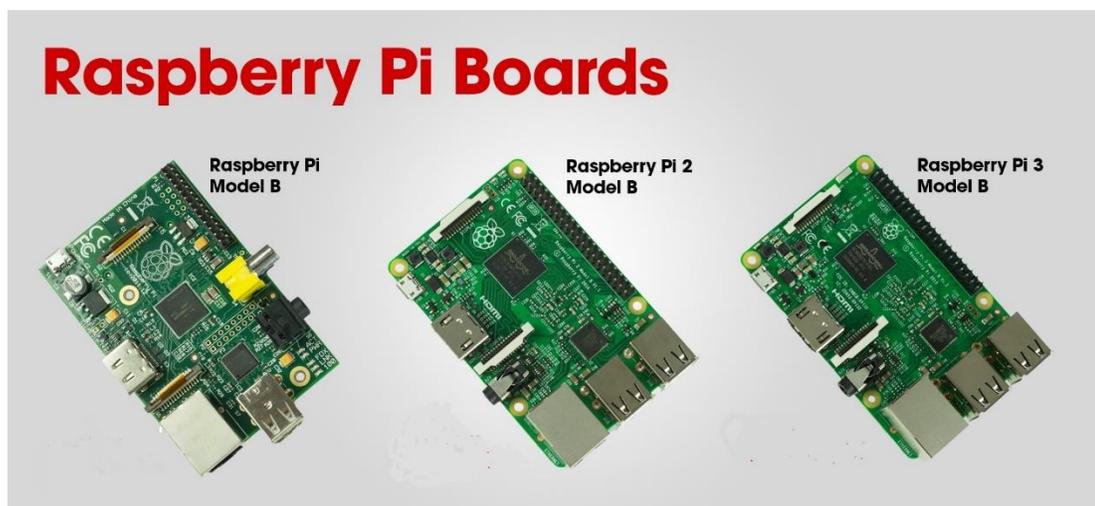
Gambar II.2 Perbedaan *Raspberry Pi* Model A dan B

Pada Februari 2012, *Raspberry Pi* 1 dirilis dengan *Processor* ARM1176JZF 700 MHZ dan dibekali memori penyimpanan 256 MB dan 512 MB dan *Broadcom*

VideoCore IV sebagai grafis. *Raspberry Pi 1* didukung sistem operasi *Linux, RISC OS, FreeBSD, NetBSD, Plan 9, Inferno, AROS*.

Pada Februari 2015, *Raspberry Pi 2* diluncurkan dengan pembaharuan pada *processor 900 MHz quad-core ARM Cortex-A7* dan penambahan kapasitas memori menjadi 1 GB RAM. Sistem operasi yang mendukung ditambah dengan *Windows 10 IoT Core*.

Pada Februari 2016, *Raspberry Pi 3* diluncurkan dengan pembaharuan pada *processor 1200 MHz quad-core ARM Cortex-A53*. Selain itu terdapat penambahan komponen pada *Raspberry Pi 3* yakni terdapat modul *Bluetooth* dan *WiFi*. (Wikipedia, 2016)



Gambar II.3 Perbedaan Model *Raspberry Pi* 1, 2, dan 3

Pada *Raspberry Pi 1* model B terdapat 20 pin yang bisa digunakan sebagai I/O, Rx/Tx, sumber tegangan 3,3V dan 5v, dan banyak lagi. 8 pin bisa digunakan sebagai *input* dan *output*, dimana ketika dijadikan *input* maka tegangan yang masuk

tidak boleh lebih besar dari 3,3 VDC. Tegangan *output GPIO* ketika diberi logika *high* adalah 3,3VDC. *GPIO Raspberry Pi* belum dilengkapi dengan modul ADC (*Analog to Digital Converter*) ataupun DAC (*Digital to Analog Converter*).

3V3	1	2	5V
GPIO2	3	4	5V
GPIO3	5	6	GND
GPIO4	7	8	GPIO14
GND	9	10	GPIO15
GPIO17	11	12	GPIO18
GPIO27	13	14	GND
GPIO22	15	16	GPIO23
3V3	17	18	GPIO24
GPIO10	19	20	GND
GPIO9	21	22	GPIO25
GPIO11	23	24	GPIO8
GND	25	26	GPIO7

Gambar II.4 *GPIO Raspberry Pi 1 Model B*

Pada *Raspberry Pi 2* dan *3* terdapat penambahan pin *GPIO*. Penambahan ini berupa penambahan pada pin *input* dan *output*, *ground*, dan *DNC*. *DNC* berarti “*Do Not Connect*” yang berarti pin tersebut tidak dihubungkan dengan apapun.

Raspberry Pi B+ B+ J8 GPIO Header

	Pin No.		
3.3V	1	2	5V
GPIO2	3	4	5V
GPIO3	5	6	GND
GPIO4	7	8	GPIO14
GND	9	10	GPIO15
GPIO17	11	12	GPIO18
GPIO27	13	14	GND
GPIO22	15	16	GPIO23
3.3V	17	18	GPIO24
GPIO10	19	20	GND
GPIO9	21	22	GPIO25
GPIO11	23	24	GPIO8
GND	25	26	GPIO7
DNC	27	28	DNC
GPIO5	29	30	GND
GPIO6	31	32	GPIO12
GPIO13	33	34	GND
GPIO19	35	36	GPIO16
GPIO26	37	38	GPIO20
GND	39	40	GPIO21

Gambar II.5 *GPIO Raspberry Pi 2 dan 3 Model B*

E. Python

Python merupakan bahasa pemrograman yang berorientasi objek dinamis, dapat digunakan untuk bermacam-macam pengembangan perangkat lunak. *Python* menyediakan dukungan yang kuat untuk integrasi dengan bahasa pemrograman lain dan alat-alat bantu lainnya. *Python* hadir dengan pustaka-pustaka standar yang dapat diperluas serta dapat dipelajari hanya dalam beberapa hari. Sudah banyak pengembang atau *programmer* yang menyatakan bahwa mereka mendapatkan produktivitas yang lebih tinggi. *Python* memiliki keunggulan lain yakni pengembangan kode sumber dapat terus dipelihara dengan mudah.

Python dapat berjalan di banyak sistem operasi seperti *Windows*, *Linux/Unix*, *Mac OS X*, *OS/2*, *Amiga*, *Palm Handhelds*, dan telepon genggam. Saat ini *Python* juga telah di kembangkan ke dalam mesin virtual *Java* dan *.NET*. *Python* didistribusikan dibawah lisensi *OpenSource* yang disetujui OSI (*OpenSource Initiatives*), sehingga *Python* bebas digunakan, gratis digunakan, bahkan untuk produk-produk komersial (Santoso, 2009 : 43).

Beberapa keunggulan *Python* apabila dibandingkan dengan bahasa pemrograman lain adalah:

1. *Syntax* programnya sangat bersih dan mudah dibaca.
2. Kemampuan melakukan pengecekan *syntax* yang kuat.
3. Berorientasi objek secara intuitif.
4. Kode-kode prosedur dinyatakan pada ekspresi natural.
5. Modularitas yang penuh, mendukung hierarki paket.

6. Penanganan kesalahan atau *error* dilakukan berdasarkan pada eksepsi.
7. Tipe-tipe data dinamis berada pada tingkat sangat tinggi.
8. Pustaka standar dapat diperluas dan modul dari pihak ketiga dapat dibuat secara virtual untuk setiap kebutuhan.
9. Ekstensi dan modul0modul secara mudah ditulis dalam C atau C++.
10. Dapat dimasukkan ke dalam aplikasi sebagai antar muka skrip.

F. OpenCV Library

OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) adalah sebuah pustaka perangkat lunak yang ditujukan untuk pengolahan citra dinamis secara *real-time*, yang dibuat oleh *Intel*, dan sekarang didukung oleh Willow Garage dan Itseez. Program ini bebas dan berada dalam naungan sumber terbuka dari lisensi BSD. Pustaka ini merupakan pustaka lintas *platform*. Program ini didedikasikan sebagian besar untuk pengolahan citra secara *real-time*. Jika pustaka ini menemukan pustaka *Integrated Performanced Primitives* dari intel dalam sistem komputer, maka program ini akan rutin mempercepat proses kerja program secara otomatis (Wikipaida, 2015).

OpenCV pertama kali diluncurkan secara resmi pada tahun 1999 oleh Inter Research sebagai lanjutan dari bagian proyek bertajuk aplikasi intensif berbasis CPU, *real-time ray tracing* dan tembok penampil 3D. Para kontributor utama dalam proyek ini termasuk mereka yang berkecimpung dalam bidang optimasi di Intel Russia, dan juga Tim Pusataka Performansi Intel. Pada awalnya, tujuan utama dari proyek OpenCV ini dideskripsikan sebagai berikut:

1. Penelitian penginderaan citra lanjutan tidak hanya melalui kode program terbuka, tetapi juga kode yang telah teroptimasi untuk infrastruktur penginderaan citra.
2. Menyebarkan ilmu penginderaan citra dengan menyediakan infrastruktur bersama di mana para pengembang dapat menggunakannya secara bersama-sama, sehingga kode akan tampak lebih mudah dibaca dan ditransfer.
3. Membuat aplikasi komersial berbasiskan penginderaan citra, di mana kode yang telah teroptimasi tersedia secara bebas dengan lisensi yang tersedia secara bebas yang tidak mensyaratkan program itu harus terbuka atau gratis.

Fitur yang dimiliki OpenCV antara lain:

1. Manipulasi data citra (*allocation, copying, setting, convert*).
2. Citra dan video I/O (*file dan kamera based input, image/video file output*).
3. Manipulasi Matriks dan Vektor beserta rutin-rutin aljabar linear (*products, solvers, eigenvalues, SVD*).
4. Data struktur dinamis (*lists, queues, sets, trees, graphs*).
5. Pemroses citra fundamental (*filtering, edge detection, corner detection, sampling and interpolation, color conversion, morphological operations, histograms, image pyramids*).
6. Analisis struktur (*connected components, contour processing, distance Transform, various moments, template matching, Hough Transform, polygonal approximation, line fitting, ellipse fitting, Delaunay triangulation*).

7. Kalibrasi kamera (*calibration patterns, estimasi fundamental matrix, estimasi homography, stereo correspondence*).
8. Analisis gerakan (*optical flow, segmentation, tracking*).
9. Pengenalan objek (*eigen-methods, HMM*).
10. *Graphical User Interface (display image/video, penanganan keyboard dan mouse handling, scroll-bars)*.

G. Tokoh Islam Penemu Teknologi

1. Ilmu Tentang Pesawat Terbang



Gambar II.6 Abbas Qasim Ibnu Firnas

Abbas Qasim Ibnu Firnas (di Barat dikenal dengan nama Armen Firman) dilahirkan pada tahun 810 Masehi di Izn-Rand Onda, Al-Andalus (kini Ronda, Spanyol). Dia dikenal ahli dalam berbagai disiplin ilmu, selain seorang ahli kimia, ia juga seorang humanis, penemu, musisi, ahli ilmu alam, penulis puisi, dan seorang

penggiat teknologi. Pria keturunan Maroko ini hidup pada saat pemerintahan Khalifah Umayyah di Andalusia (Spanyol).

Pada tahun 852, di bawah pemerintahan Khalifah Abdul Rahman II, Ibnu Firnas memutuskan untuk melakukan ujicoba ‘terbang’ dari menara Masjid Mezquita di Cordoba dengan menggunakan semacam sayap dari jubah yang disangga kayu. Sayap buatan itu ternyata membuatnya melayang sebentar di udara dan memperlambat jatuhnya, ia pun berhasil mendarat walau dengan cedera ringan. Alat yang digunakan Ibnu Firnas inilah yang kemudian dikenal sebagai parasut pertama di dunia.

Pada tahun 875, saat usianya menginjak 65 tahun, Ibnu Firnas merancang dan membuat sebuah mesin terbang yang mampu membawa manusia. Setelah versi finalnya berhasil dibuat, ia sengaja mengundang orang-orang Cordoba untuk turut menyaksikan penerbangan bersejarahnya di Jabal Al-‘Arus (Mount of the Bride) di kawasan Rusafa, dekat Cordoba.

Penerbangan yang disaksikan secara luas oleh masyarakat itu terbilang sangat sukses. Sayangnya, karena cara meluncur yang kurang baik, Ibnu Firnas terhempas ke tanah bersama pesawat layang buatannya. Dia pun mengalami cedera punggung yang sangat parah. Cederanya inilah yang membuat Ibnu Firnas tak berdaya untuk melakukan ujicoba berikutnya.

Abbas Ibnu Firnas wafat pada tahun 888, dalam keadaan berjuang menyembuhkan cedera punggung yang diderita akibat kegagalan melakukan ujicoba pesawat layang buatannya.

Walaupun percobaan terbang menggunakan sepasang sayap dari bulu dan rangka kayu tidak berhasil dengan sempurna, namun gagasan inovatif Ibnu Firnas kemudian dipelajari Roger Bacon 500 tahun setelah Firnas meletakkan teori-teori dasar pesawat terbangnya. Kemudian sekitar 200 tahun setelah Bacon (700 tahun pasca ujicoba Ibnu Firnas), barulah konsep dan teori pesawat terbang dikembangkan.

2. Ilmu Logaritma dan Aljabar



Gambar II.7 Al-Khwarizmi

Al-Khawarizmi dan Kitab Al-Khawarizmi yang bernama lengkap Muḥammad bin Musa al-Khawarizmi adalah seorang ahli matematika, astronomi, astrologi, dan geografi yang berasal dari Persia. Lahir sekitar tahun 780 di Khwārizm (sekarang Khiva, Uzbekistan) dan wafat sekitar tahun 850 di Baghdad. Hampir sepanjang hidupnya, ia bekerja sebagai dosen di Sekolah Kehormatan di Baghdad

Buku pertamanya, al-Jabar, adalah buku yang membahas solusi sistematis dari linear dan notasi kuadrat. Sehingga ia disebut sebagai Bapak Aljabar. Translasi bahasa Latin dari Aritmatika beliau, yang memperkenalkan angka India, kemudian diperkenalkan sebagai Sistem Penomoran Posisi Desimal di dunia Barat pada abad ke 12. Ia merevisi dan menyesuaikan Geografi Ptolemeus sebaik mengerjakan tulisan-tulisan tentang astronomi dan astrologi.

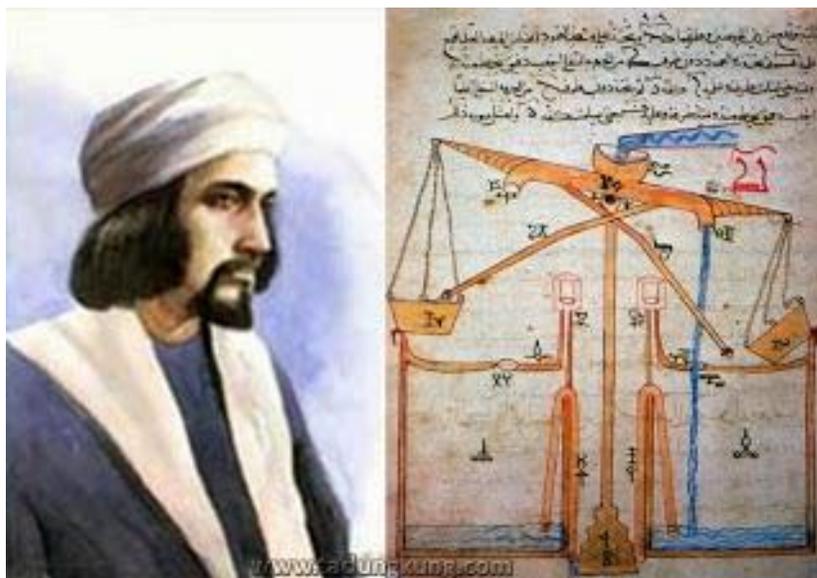
Kontribusi beliau tak hanya berdampak besar pada matematika, tapi juga dalam kebahasaan. Kata Aljabar berasal dari kata al-Jabr, satu dari dua operasi dalam matematika untuk menyelesaikan notasi kuadrat, yang tercantum dalam buku beliau. Kata logarisme dan logaritma diambil dari kata Algorismi, Latinisasi dari nama beliau. Nama beliau juga di serap dalam bahasa Spanyol Guarismo dan dalam bahasa Portugis, Algarismo yang berarti digit.

Angka 0 (Nol)

Selain penemu Logaritma dan Aljabar, Al Khawarizmi juga dikenal sebagai penemu angka 0 (nol) yang dalam bahasa Arab disebut sifr. Angka nol baru dikenal

dan dipergunakan orang Barat sekitar 250 tahun setelah ditemukan oleh Al Khawarizmi. Sebelumnya para ilmuwan mempergunakan abakus, semacam daftar yang menunjukkan satuan, puluhan, ratusan, ribuan, dan seterusnya, untuk menjaga agar setiap angka tidak saling tertukar dari tempat yang telah ditentukan dalam hitungan.

3. Ilmu Mesin Robot



Gambar II.8 Al Jazari

Al Jazari (1136-1206) mengembangkan prinsip hidrolis untuk menggerakkan mesin yang kemudian hari dikenal sebagai mesin robot. Al Jazari merupakan seorang tokoh besar di bidang mekanik dan industri pada abad ke-12. Lahir dari Al Jazira, yang terletak diantara sisi utara Irak dan timur laut Syria, tepatnya antara Sungai Tigris dan Efrat. Al-Jazari merupakan ahli teknik yang luar biasa pada masanya.

Nama lengkapnya adalah Badi Al-Zaman Abullezz Ibn Alrazz Al-Jazari dia tinggal di Diyar Bakir, Turki, selama abad kedua belas. Al-Jazari mendapat julukan sebagai Bapak Modern Engineering berkat temuan-temuannya yang banyak mempengaruhi rancangan mesin-mesin modern saat ini, diantaranya combustion engine, crankshaft, suction pump, programmable automation, dan banyak lagi.

Dia adalah penulis Kitáb fí ma'rifat al-hiyal al-handasiyya (Buku Pengetahuan Ilmu Mekanik) tahun 1206. Beliau mendokumentasikan lebih dari 50 karya temuannya, lengkap dengan rincian gambar-gambarnya, Bukunya ini berisi tentang teori dan praktik mekanik. Karyanya ini sangat berbeda dengan karya ilmuwan lainnya, karena dengan piawainya Al-Jazari membeberkan secara detail hal yang terkait dengan mekanika. Dan merupakan kontribusi yang sangat berharga dalam sejarah teknik.

Donald Routledge dalam bukunya *Studies in Medieval Islamic Technology*, mengatakan bahwa hingga zaman modern ini, tidak satupun dari suatu kebudayaan yang dapat menandingi lengkapnya instruksi untuk merancang, memproduksi dan menyusun berbagai mesin sebagaimana yang disusun oleh Al-Jazari.

4. Optik



Gambar II.9 Ibnu Haitham

Nama lengkapnya Abu Al Muhammad al-Hassan ibnu al-Haitham. Dunia Barat mengenalnya dengan nama Alhazen. Ia lahir di Basrah tahun 965 M. Di kota kelahirannya itu ia sempat menjadi pegawai pemerintahan. Tetapi segera keluar karena tidak suka dengan kehidupan birokrat.

Sejak itu, mulailah perantauannya untuk belajar ilmu pengetahuan. Kota pertama yang dituju adalah Ahwaz kemudian Baghdad. Kecintaannya kepada ilmu

pengetahuan membawanya berhijrah ke Mesir. Untuk membiayai hidupnya, ia menyalin buku-buku tentang matematika dan ilmu falak.

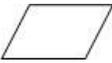
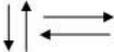
Belajar yang dilakukan secara otodidak membuatnya mahir dalam bidang ilmu pengetahuan, ilmu falak, matematika, geometri, pengobatan, dan filsafat. Tulisannya mengenai mata telah menjadi salah satu rujukan penting dalam bidang penelitian sains di Barat. Kajiannya mengenai pengobatan mata menjadi dasar pengobatan mata modern.

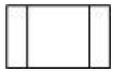
H. Flowchart

Bagan alir (*flowchart*) adalah bagan (*chart*) yang menunjukkan alir (*flow*) di dalam program atau prosedur sistem secara logika. Digunakan terutama untuk alat bantu komunikasi dan untuk dokumentasi.

Menurut Jogiyanto (2008:800) “Bagan alir program (*program flowchart*) merupakan bagan yang menjelaskan secara rinci langkah-langkah dari proses program”. Adapun simbol-simbol bagan alir program (*program flowchart*) dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel II.1 Simbol-Simbol Bagan Alir Program (*program flowchart*)

NO.	SIMBOL	KETERANGAN
1.		Simbol input/output digunakan untuk mewakili data input/output.
2.		Simbol proses digunakan untuk mewakili suatu proses
3.		Simbol garis alir digunakan untuk menunjukkan arus dari proses
4.		Menunjukkan penghubung ke halaman yang masih sama
5.		Menunjukkan penghubung ke halaman lain
6.		Simbol keputusan digunakan untuk suatu penyelesaian kondisi di dalam program.
7.		Inisialisasi, menunjukkan inisialisasi atau nilai awal suatu besaran.

8.		Simbol proses terdefinisi digunakan untuk menunjukkan suatu operasi yang rinciannya ditunjukkan di tempat lain.
9.		Terminator, menunjukkan awal dan akhir dari suatu <i>flowchart</i> .

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis dan Lokasi Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, jenis penelitian kualitatif yang digunakan adalah *Simulation, Survey, Design and Creation*. Dipilihnya jenis penelitian ini oleh penulis dikarenakan konsep dari *Simulation, Survey, Design and Creation* sangat tepat untuk mengelola penelitian ini. Disamping melakukan penelitian tentang judul ini, penulis juga mengembangkan sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* sekaligus mengembangkan sistem lampu lalu lintas berdasarkan penelitian yang dilakukan.

B. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian saintifik yaitu pendekatan berdasarkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

C. Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini adalah observasi dengan mengamati lokasi penelitian yaitu jalan-jalan yang rawan macet di Kota Makassar akibat pengaturan sistem lampu lalu lintas yang tidak menyesuaikan tingkat kepadatan kendaraan. Selain itu data juga dapat diperoleh dari buku pustaka terkait pembuatan sistem menggunakan *Raspberry pi*, buku elektronika, jurnal penelitian terdahulu terkait pada penelitian ini dan sumber-sumber data *online* atau internet yang dapat dijadikan sebagai sumber informasi.

D. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dipakai pada penelitian untuk aplikasi ini adalah metode observasi dan studi literatur.

1. Observasi

Observasi adalah pengamatan dan juga pencatatan sistematis atas unsur-unsur yang muncul dalam suatu gejala atau gejala-gejala yang muncul dalam suatu objek penelitian.

Adapun penyusunan observasi ini adalah sebagai berikut:

Tema : Mengetahui tingkat kemacetan dan kepadatan kendaraan.

Tujuan :

- 11. Untuk mengetahui daerah yang mempunyai tingkat kemacetan yang cukup tinggi.
- 12. Mengetahui waktu kemacetan yang tinggi.

Target Observasi : Persimpangan jalan di Kota Makassar.

Waktu : Menyesuaikan waktu.

2. Studi Literatur

Studi literatur adalah salah satu metode pengumpulan data dengan cara membaca buku-buku dan jurnal sesuai dengan data yang dibutuhkan. Pada penelitian ini, dipilih studi literatur untuk mengumpulkan referensi dari jurnal-jurnal yang memiliki kemiripan dalam pembuatan sistem ini.

E. Instrumen Penelitian

Adapun instrument penelitian yang digunakan dalam penelitian yaitu :

a. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan untuk mengembangkan dan mengumpulkan data pada aplikasi ini adalah sebagai berikut :

- 1) *Raspberry Pi 2 Type B+*
- 2) Laptop HP AF118AU
- 3) Kamera
- 4) USB terminal
- 5) Led lampu lalu lintas
- 6) *Seven Segment*

b. Perangkat Lunak

Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam aplikasi ini adalah sebagai berikut :

- 1) Sistem operasi *Raspbian*
- 2) *Python*
- 3) *OpenCV*
- 4) *Microsoft Windows 10.*
- 5) *Putty*
- 6) *DHCP server*
- 7) *Xming*

F. Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Analisis data terbagi menjadi dua yaitu, metode analisis kuantitatif dan metode analisis kualitatif. Analisis kuantitatif ini menggunakan data statistik dan dapat dilakukan dengan cepat, sementara analisis kualitatif ini digunakan untuk data kualitatif. Data yang digunakan adalah berupa catatan-catatan yang biasanya cenderung banyak dan menumpuk sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama untuk dapat menganalisisnya secara seksama.

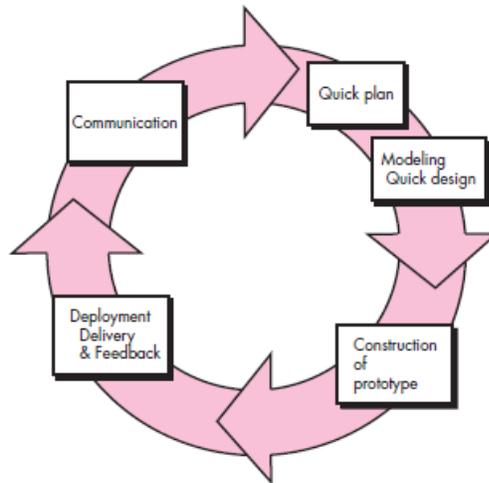
Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode analisis kuantitatif. Analisis kuantitatif adalah prosedur penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena serta hubungan-hubungannya. Tujuan penelitian kuantitatif adalah mengembangkan dan menggunakan model-model matematis, teori-teori dan/atau hipotesis yang berkaitan dengan fenomena alam.

Proses pengukuran adalah bagian yang sentral dalam penelitian kuantitatif karena hal ini memberikan hubungan yang fundamental antara pengamatan empiris dan ekspresi matematis dari hubungan-hubungan kuantitatif (Wikipedia 2013).

G. Metode Pengembangan Sistem

Pada penelitian ini, metode pengembangan sistem yang digunakan adalah *prototype*. Metode ini cocok digunakan untuk mengembangkan perangkat yang akan dikembangkan kembali. Model *prototype* mampu menawarkan pendekatan yang terbaik dalam hal kepastian terhadap efisiensi algoritma, kemampuan penyesuaian diri dari sebuah sistem operasi atau bentuk-bentuk yang harus dilakukn oleh interaksi

manusia dengan mesin. Tujuannya adalah mengembangkan model menjadi sistem final. (Pressman, 2002).



Gambar III.1. Model *Prototype*

Berikut adalah tahapan dalam metode *prototype*:

1. *Communication*

Proses komunikasi dilakukan untuk menentukan tujuan umum, kebutuhan dan gambaran bagian-bagian yang akan dibutuhkan berikutnya.

2. *Quick Plan*

Perencanaan dilakukan dengan cepat dan mewakili semua aspek software yang diketahui, dan rancangan ini menjadi dasar pembuatan *prototype*.

3. *Modelling Quick Designs*

Proses ini berfokus pada representasi aspek perangkat lunak yang bisa dilihat kostumer. Pada proses ini cenderung ke pembuatan *prototype*.

4. *Construction of Prototype*

Membangun kerangka atau rancangan *prototype* dari perangkat lunak yang akan dibangun.

5. *Deployment Delivery and Feedback*

Prototype yang telah dibuat akan diperlihatkan ke kostumer untuk dievaluasi, kemudian memberikan masukan yang akan digunakan untuk merevisi kebutuhan sistem yang akan dibangun.

H. Teknik Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk setiap modul dan dilanjutkan dengan pengujian untuk semua modul yang telah dirangkai. Terdapat dua macam rancangan yaitu *White Bos Testing* dan *Black Box Testing* (Pressman, 1982). Akan tetapi teknik pengujian sistem yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *White Box Testing*.

White Box Testing adalah rancangan pengujian menggunakan struktur kontrol perancangan procedural. Salah satu cara yang sering digunakan adalah *Cyclomatic Complexity*, yaitu suatu matriks perangkat lunak yang menetapkan ukuran kompleksitas logika program yang dapat menjamin seluruh independent path di dalam modul dikerjakan minimal satu kali.

BAB IV

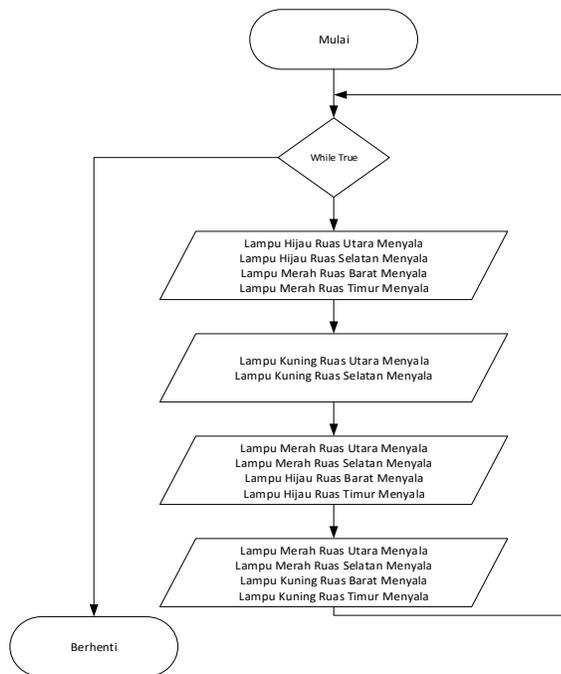
ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

A. Analisis Sistem

Analisis sistem merupakan penguraian dari suatu sistem yang utuh ke dalam bagian-bagian komponennya untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan. Bagian analisis terdiri dari analisis yang sedang berjalan dan analisis sistem yang diusulkan.

1. Analisis sistem yang sedang berjalan

Pada sistem yang sedang berjalan, lampu lalu lintas pada persimpangan empat jalan, durasi lampu lalu lintas bersifat dinamis. Sebagai gambaran sistem yang sedang berjalan, berikut *flowchart* sistemnya:



Gambar IV. 1. *Flowchart Diagram Analisis Sistem yang Sedang Berjalan.*

Dari *flowchart diagram* di atas dijelaskan pada lampu lalu lintas pada fase pertama, lampu hijau menyala pada ruas utara dan selatan, sedangkan lampu merah menyala pada ruas barat dan timur. Selanjutnya lampu kuning menyala pada ruas utara dan selatan, sedangkan lampu merah tetap menyala pada ruas barat dan timur. Selanjutnya lampu merah menyala pada ruas utara dan selatan, sedangkan pada ruas barat dan timur lampu hijau menyala. Selanjutnya lampu kuning menyala pada ruas barat dan timur, sedangkan pada ruas utara dan selatan tetap lampu merah. Hal ini akan berulang terus menerus.

2. Analisis sistem yang diusulkan

Analisis sistem merupakan penguraian dari suatu sistem yang utuh ke dalam bagian-bagian komponennya untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan. Bagian analisis terdiri dari analisis masalah dan analisis kebutuhan.

a. Analisis Masalah

Sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* merupakan sistem yang dapat membantu menangani masalah pada durasi lampu lalu lintas yang statis. Durasi lampu lalu lintas yang statis menyebabkan lampu lalu lintas tidak menyesuaikan durasi berdasarkan kepadatan kendaraan. Sebab, jika durasi lampu lalu lintas statis, pada ruas jalan yang lengang atau tidak ada kendaraan sama sekali, memiliki durasi yang sama dengan ruas jalan yang padat kendaraannya.

Sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* merupakan pemecah masalah yang selama ini sering terjadi. Sistem ini menggunakan *image processing* untuk mengatur durasi lampu lalu lintas dari hasil pengolahan citra digital

kepadatan kendaraan pada setiap ruas jalan pada perempatan. Hal ini guna membuat sistem pengatur lampu lalu lintas yang durasinya dinamis menurut kepadatan kendaraan.

b. Analisis Kebutuhan Sistem

1) Kebutuhan Antarmuka (*Interface*)

Kebutuhan-kebutuhan antarmuka untuk pembangunan sistem ini yaitu sistem yang dibangun akan mempunyai keluaran berupa lampu lalu lintas pada perempatan.

2) Kebutuhan Data

Data yang diolah oleh sistem ini yaitu data yang diperoleh dari kamera berupa citra digital kepadatan kendaraan pada tiap ruas jalan pada perempatan.

3) Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional merupakan penjelasan proses fungsi yang berupa penjelasan terinci fungsi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah.

Fungsi-fungsi yang dimiliki oleh sistem ini adalah sebagai berikut:

- a) Membandingkan kepadatan kendaraan tiap ruas perempatan jalan.
- b) Mengatur durasi lampu lalu lintas pada tiap ruas perempatan jalan.

4) Analisis Kelemahan

Analisis kelemahan digunakan untuk melihat kelemahan-kelemahan yang akan terjadi pada sistem ini, dan juga mencerminkan batasan-batasan yang ada pada sistem ini. Adapun kelemahan yang terdapat pada sistem ini adalah sebagai berikut:

- a) Sistem ini menggunakan kamera *web* atau *webcam* untuk mengambil citra digital pada ruas jalan. Hal ini dapat mengakibatkan jangkauan citra dihasilkan kurang maksimal.
- b) Sistem ini menggunakan *Raspberry pi 2 B+* sebagai pengolah data citra digital. Hal ini dapat mengakibatkan jumlah kamera yang digunakan maksimal tiga buah kamera, sehingga sebuah kamera harus mengambil citra pada dua ruas jalan pada perempatan.

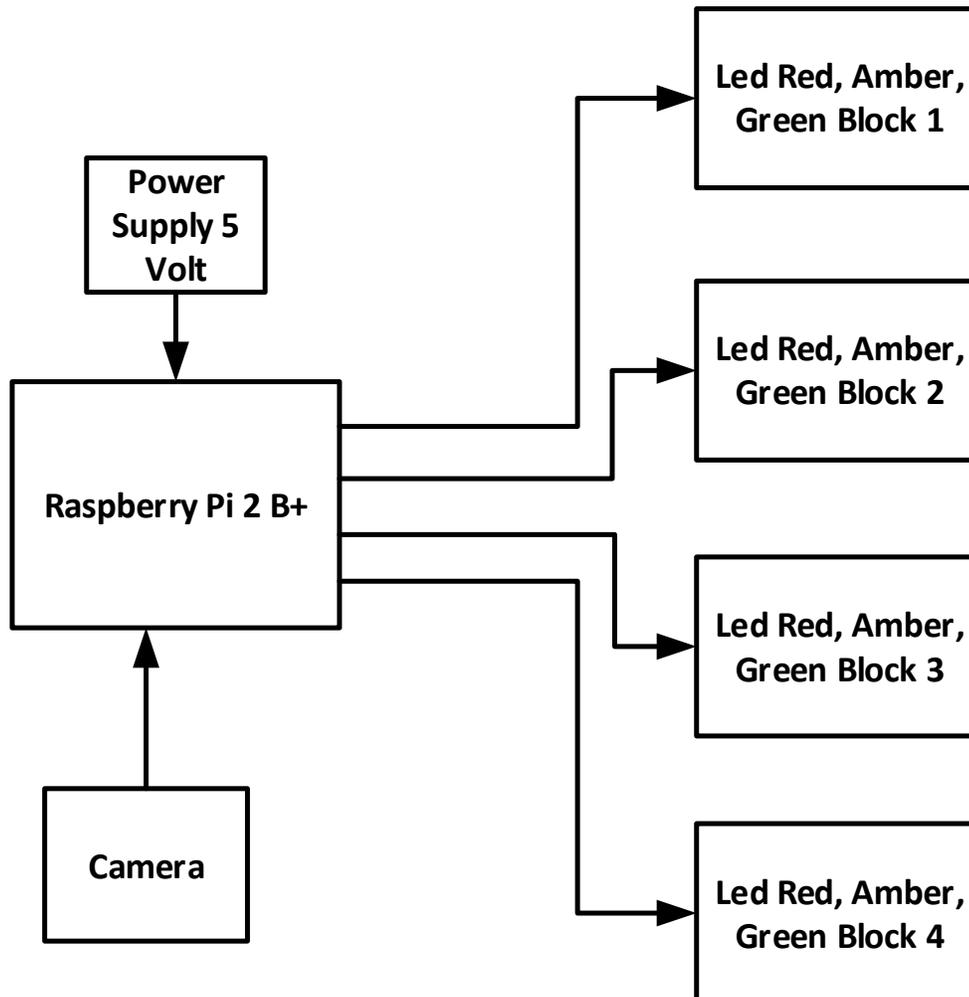
B. Perancangan Aplikasi

1. Rancangan Block Diagram

Untuk menjelaskan perancangan sistem yang dilakukan dalam mewujudkan penelitian sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* dengan keluaran berupa lampu lalu lintas, terlebih dahulu secara umum digambarkan oleh blok diagram sistem kerja yang ditunjukkan.

Kamera yang digunakan untuk mengambil citra digital adalah kamera *web* atau *webcam*. Hasil citra digital inilah yang digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan pada tiap ruas jalan pada perempatan. Hasil citra digital inilah yang akan diolah menggunakan *Raspberry Pi 2 B+* untuk mengatur durasi lampu lalu lintas.

Adapun rancangan diagram blok sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* yang akan dibuat adalah sebagai berikut seperti pada gambar IV.2.

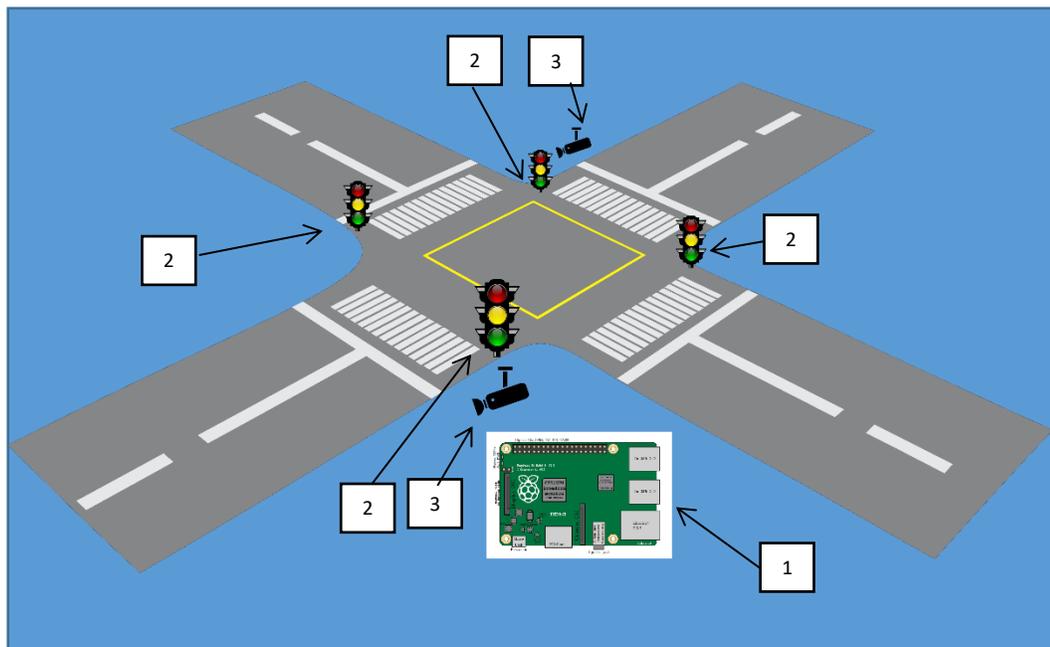


Gambar IV.2. Diagram blok Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas Menggunakan *Image Processing*.

Dari gambar IV.2. diketahui bahwa secara keseluruhan sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* mempunyai keluaran berupa sinyal lampu merah, kuning, dan hijau sebanyak empat blok sebagai lampu lalu lintas. Adapun sumber daya utama yang digunakan adalah *power supply* atau *adaptor* dengan tegangan 5 Volt. Adapun masukan dalam sistem ini berupa kamera yang berfungsi untuk mengambil citra digital pada keempat ruas jalan.

2. Rancangan Bentuk Fisik

Sistem ini menggunakan maket perempatan jalan sebagai simulasi kepadatan kendaraan pada perempatan jalan. Tripleks sebagai dasar pembuatan maket dengan ukuran panjang 65 cm dan lebar 65 cm. Pemilihan bahan ini didasarkan pada struktur yang kuat dan ringan. Rangkaian LED merah, kuning, dan hijau digunakan sebagai lampu lalu lintas. Sedangkan *webcam* digunakan sebagai kamera untuk mengambil citra digital pada keempat ruas jalan. *Raspberry Pi 2B+* digunakan sebagai pengolah citra digital. Adapun susunan dari perancangan sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar IV.3. Rancangan Bentuk Fisik Maket Simulasi.

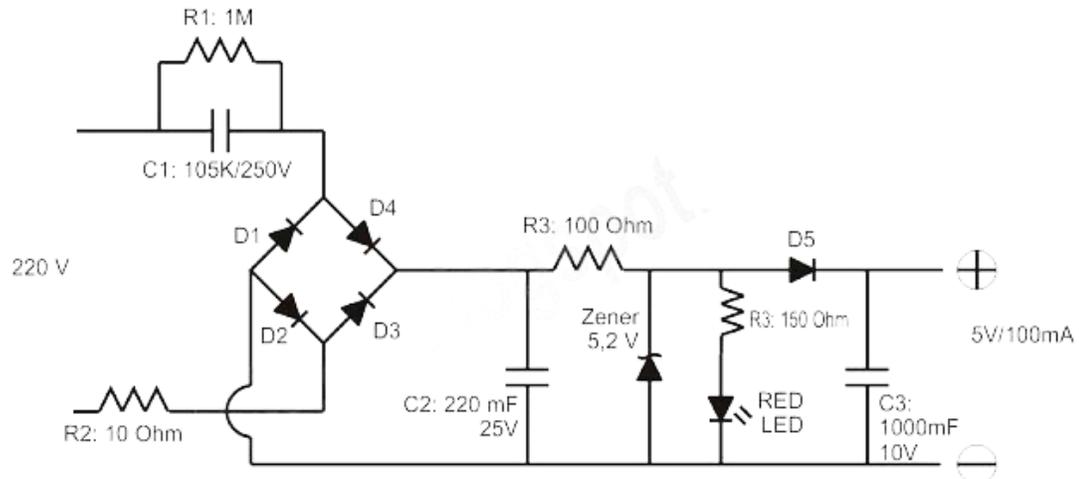
Keterangan:

1. *Raspberry Pi 2 B+*.
2. LED Merah, Kuning, dan Hijau sebagai Lampu Lalu Lintas.
3. Kamera.

1. Perancangan Perangkat Keras

a. Rangkaian *Power Supply*

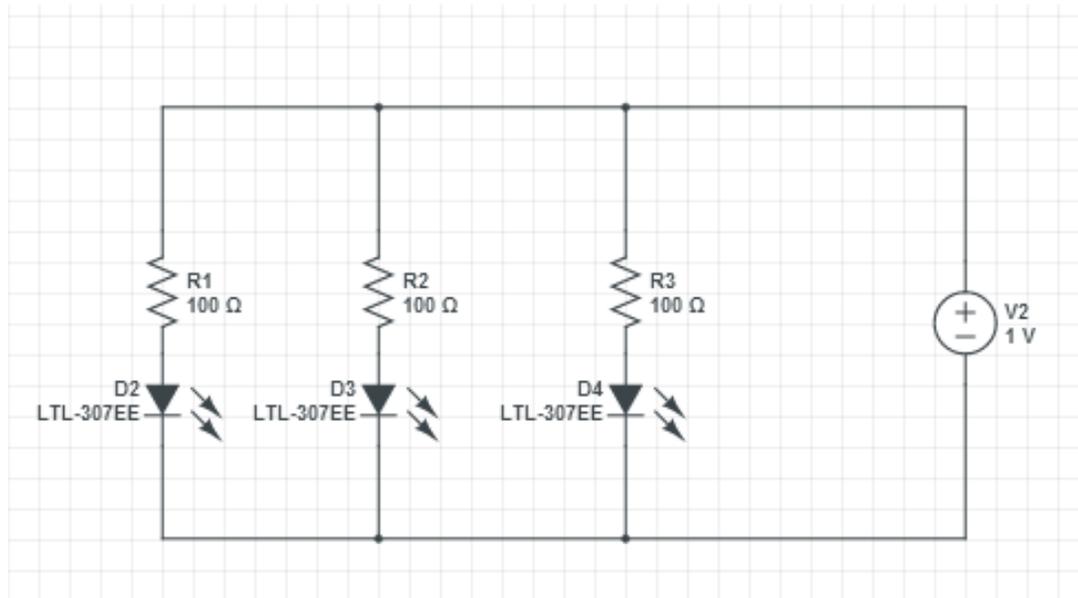
Rangkaian ini merupakan rangkaian utama dalam sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* yang menghubungkan sumber daya dengan keseluruhan rangkaian. Sumber daya yang digunakan berasal dari listrik bertegangan 220 Volt. Adapun rangkaian *power supply* ditampilkan pada gambar di bawah ini.



Gambar IV.4. Rangkaian *Power Supply* (Suhartono, 2015).

b. Rangkaian Blok LED Merah, Kuning, dan Hijau

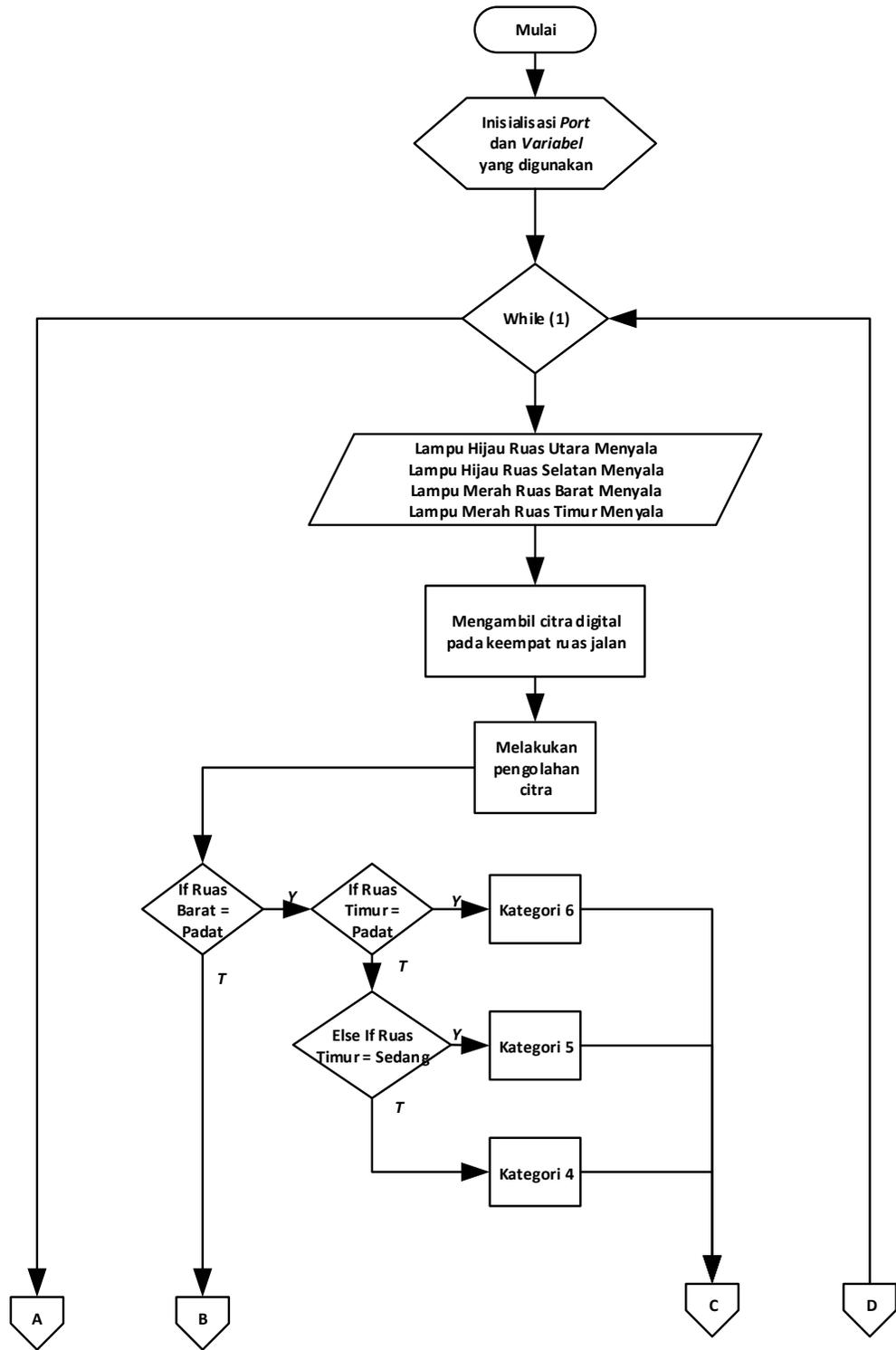
Pada rangkaian ini digunakan *led* berwarna merah, kuning, dan hijau. Resistor yang digunakan berkapasitas hambatan 220 Ohm. Sementara tegangan yang digunakan berasal dari *General Purpose Input/Output (GPIO)* dari *Raspberry Pi 2 B+*. Rangkaian ini berfungsi sebagai keluaran sinyal lampu lalu lintas pada satu ruas jalan. Adapun rangkaiannya pada gambar di bawah ini.

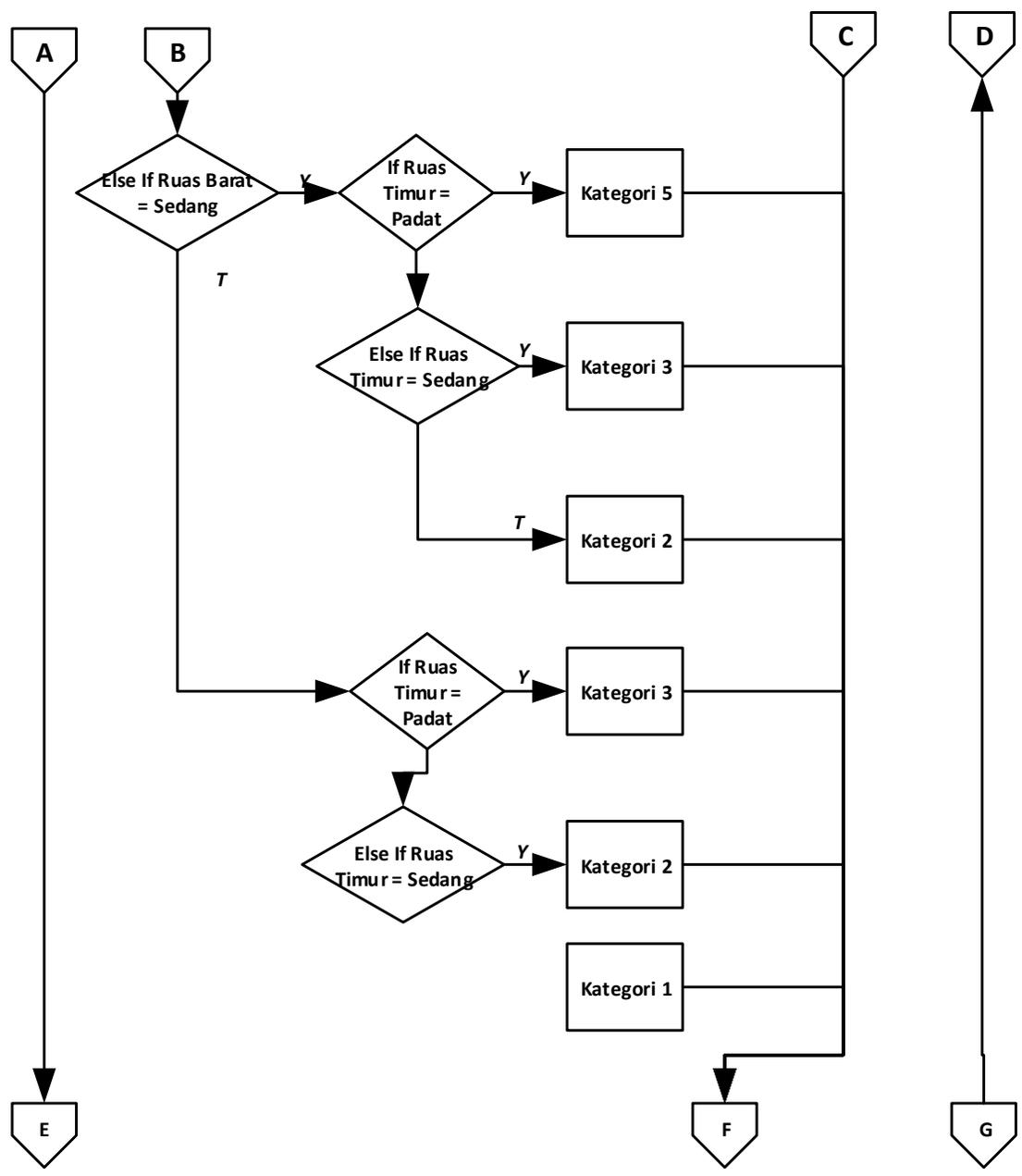


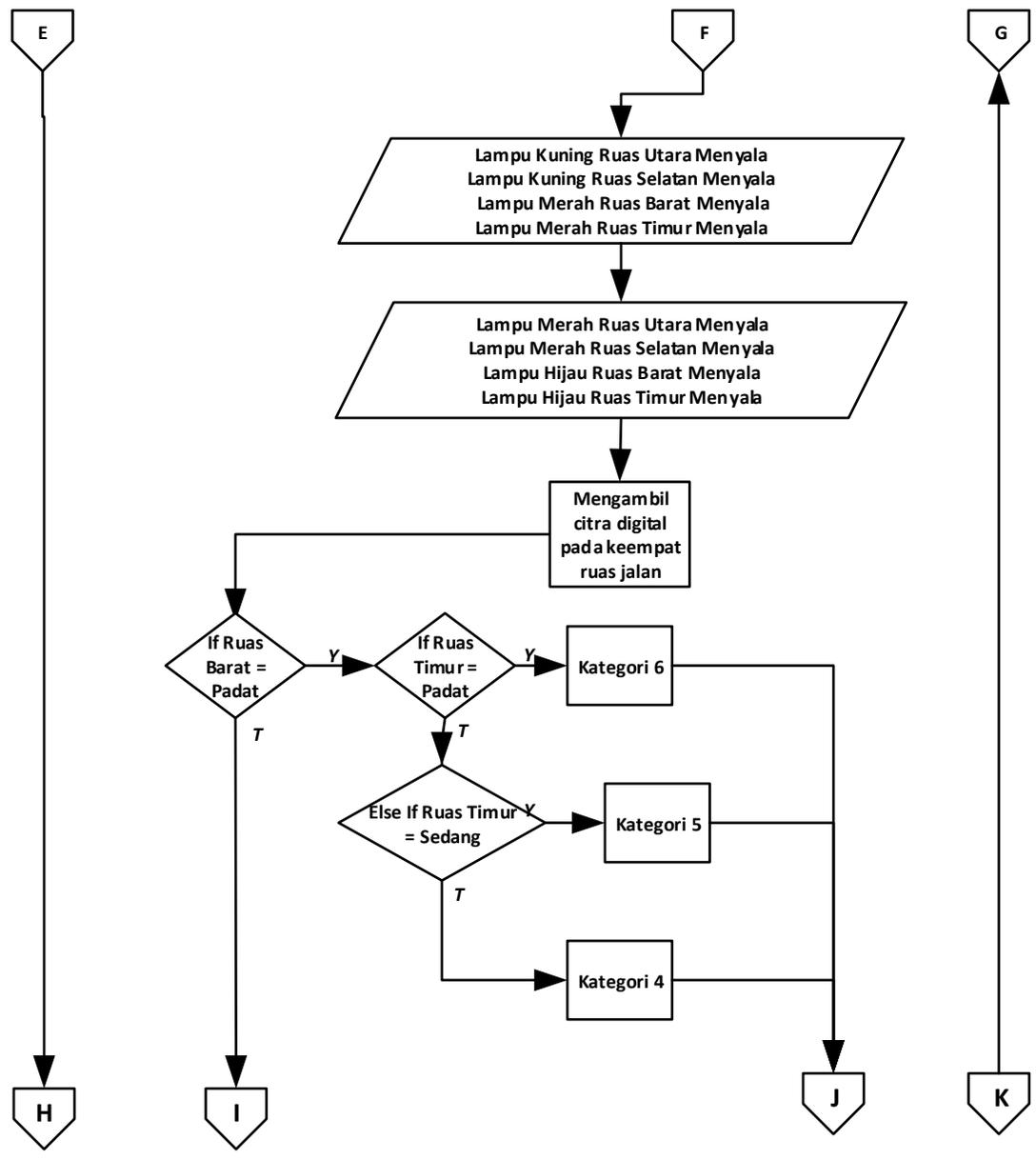
Gambar IV.5. Rangkaian Blok LED Merah, Kuning, dan Hijau.

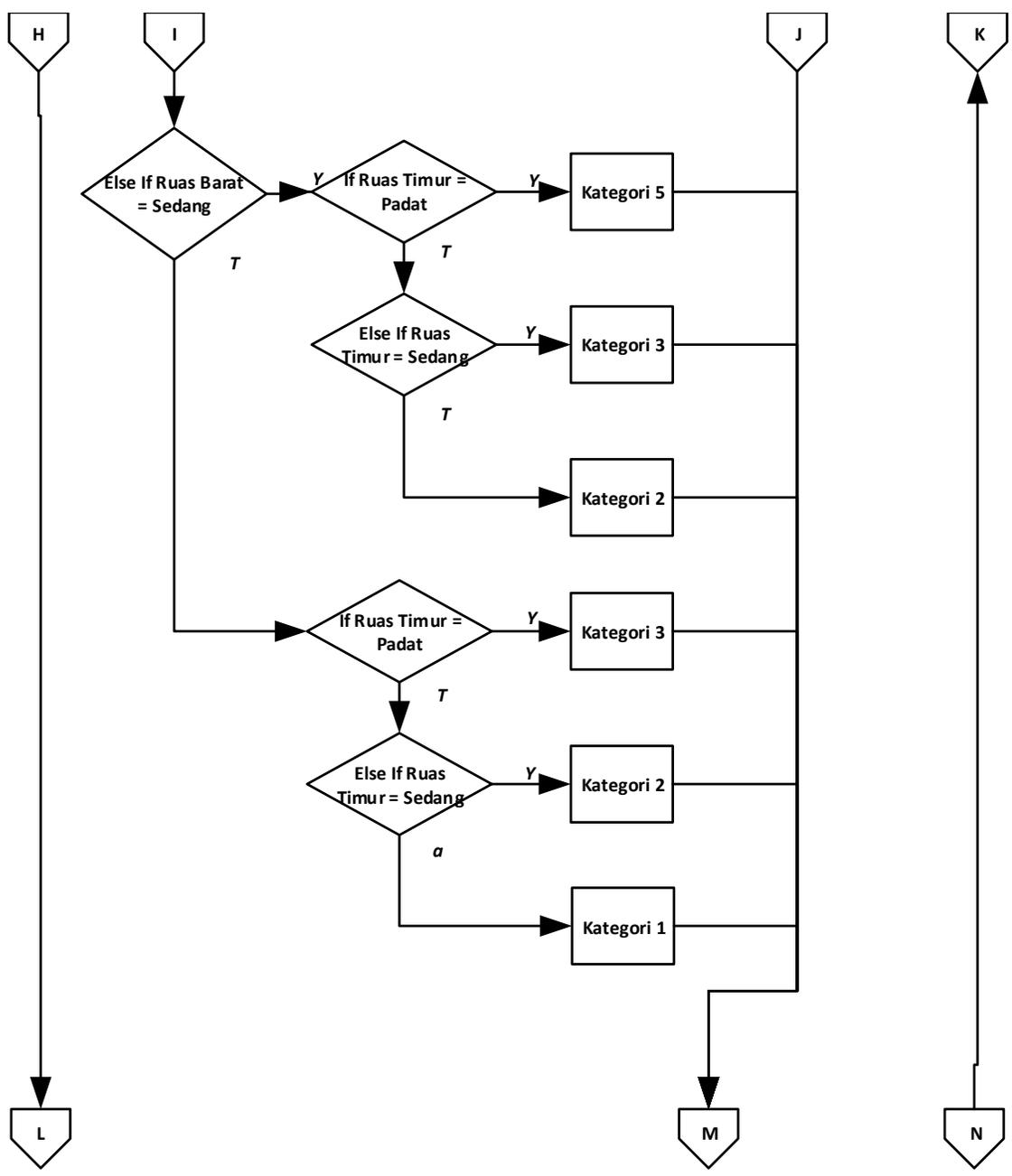
2. Perancangan Perangkat Lunak

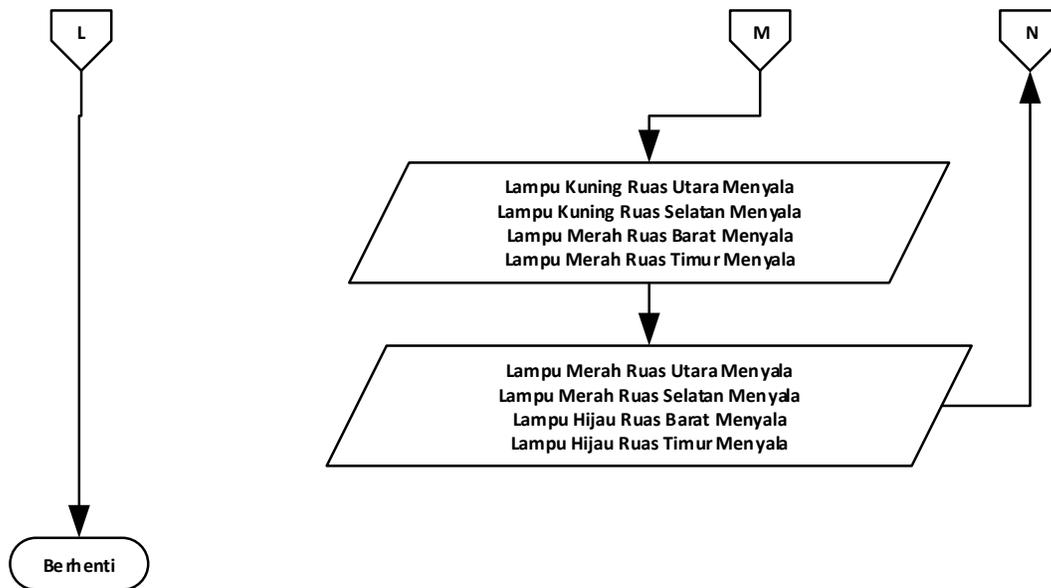
Dalam perancangan perangkat lunak, *Raspberry Pi 2 B+* menggunakan sistem operasi *Raspbian Jessie* yang sudah disediakan di *website* resmi *Raspberry Pi*. Bahasa yang digunakan dalam perancangan perangkat lunak adalah bahasa *Python* dengan *library* tambahan untuk perancangan sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* ini seperti *library OpenCV* sebagai pengolah citra digital yang diambil dari kamera. Untuk memperjelas, berikut ditampilkan *flowchart* perancangan sistem secara umum bagaimana proses pengolahan data sehingga menghasilkan keluaran lampu lalu lintas dengan durasi dinamis.











Gambar IV.6. *Flowchart* Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas menggunakan *Image Processing*.

Pada saat sistem dinyalakan, pertama-tama sistem akan melakukan inisialisasi bagian-bagian dalam sistem pengatur lampu lalu lintas tersebut. Setelah inisialisasi maka sistem akan membuat lampu lalu lintas pada ruas utara dan selatan menjadi hijau dan pada ruas barat dan timur menjadi merah.

Proses selanjutnya adalah sistem akan mengambil citra pada keempat ruas jalan dan diolah menggunakan *OpenCV* untuk menentukan kepadatan kendaraan tiap ruas. Hasil pengambilan citra digital kemudian diolah untuk mendapatkan masing-masing jumlah kendaraan pada tiap ruas pada persimpangan empat jalan.

Penentuan kepadatan kendaraan tiap ruas jalan nantinya akan diseleksi untuk mendapatkan nilai durasi lampu lalu lintas menyala. Kepadatan kendaraan dibagi atas tiga kategori yakni padat, sedang, dan lengang. Keadaan pada saat satu arah

dikategorikan padat, dan pada arah sebaliknya dikategorikan padat, maka kategori durasi lampu lalu lintas masuk ke kategori enam. Keadaan pada saat satu arah dikategorikan padat, dan pada arah sebaliknya dikategorikan sedang, maka kategori durasi lampu lalu lintas masuk ke kategori lima. Keadaan pada saat satu arah dikategorikan padat, dan pada arah sebaliknya dikategorikan longgar, maka kategori durasi lampu lalu lintas masuk ke kategori empat.

Keadaan pada saat satu arah dikategorikan sedang, dan pada arah sebaliknya dikategorikan sedang, maka kategori durasi lampu lalu lintas masuk ke kategori tiga. Keadaan pada saat satu arah dikategorikan sedang, dan pada arah sebaliknya dikategorikan longgar, maka kategori durasi lampu lalu lintas masuk ke kategori dua. Keadaan pada saat satu arah dikategorikan longgar, dan pada arah sebaliknya dikategorikan longgar, maka kategori durasi lampu lalu lintas masuk ke kategori satu.

Setelah proses penentuan kategori, lampu kuning akan menyala pada ruas utara dan selatan persimpangan, sedangkan pada ruas barat dan timur masih tetap merah. Setelah itu lampu merah pada ruas utara dan selatan persimpangan tanda berhenti akan menyala. Sedangkan pada ruas barat dan timur akan menyala hijau tanda jalan. Hal ini akan berulang terus menerus.

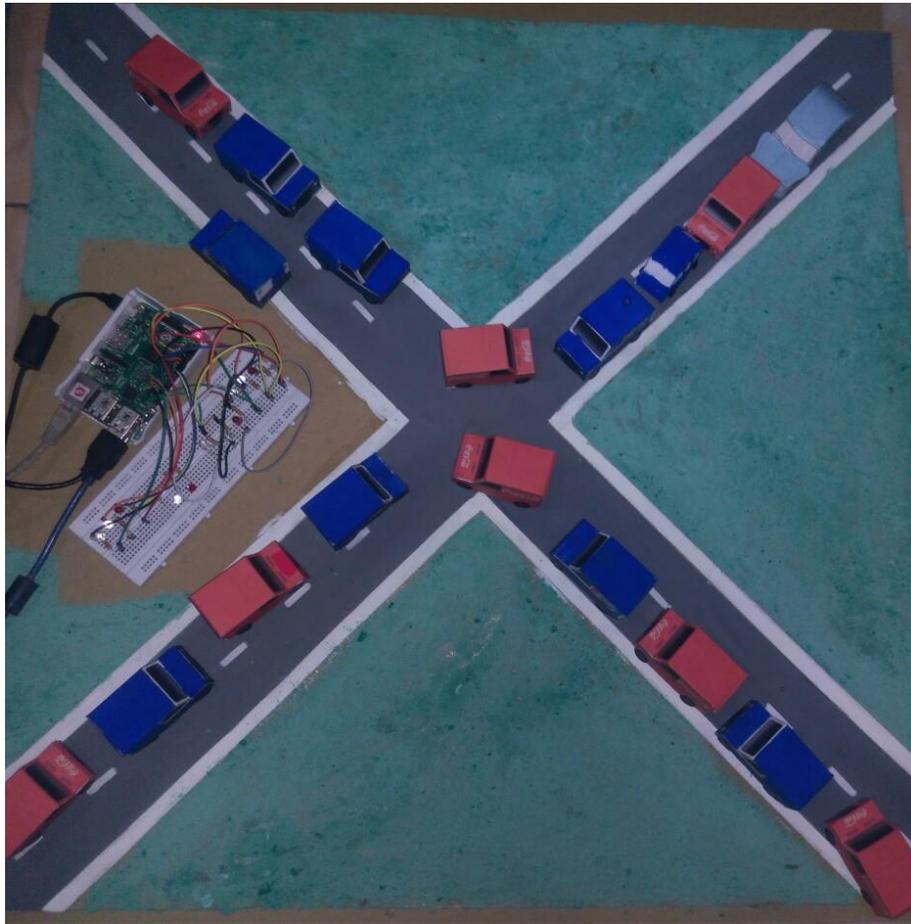
BAB V

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

A. Implementasi

1. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Berikut ditampilkan hasil rancangan perangkat keras dari sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing*.



Gambar V.1. Maket Simulasi Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas Menggunakan *Image Processing*

Dari gambar V.1 terlihat bentuk fisik maket untuk simulasi hasil rancangan dari sistem. Maket persimpangan empat digunakan sebagai simulasi persimpangan empat jalan. Terdapat dua kamera web atau *webcam* untuk mengambil citra digital persimpangan empat. *Raspberry Pi 2 B+* digunakan untuk mengolah hasil citra digital yang diperoleh dari kamera.

Pada persimpangan empat terdapat led merah kuning hijau sebagai sinyal lampu lalu lintas. Terdapat beberapa *papercraft* atau mobil-mobilan yang terbuat dari kertas sebagai simulasi kepadatan pada persimpangan empat jalan.

B. Pengujian Sistem

Pengujian sistem merupakan tahap sebelum terakhir dalam pembangunan sistem. Pada tahap ini, sistem akan diuji coba baik dari segi logika dan fungsi-fungsi agar layak untuk diimplementasikan. Adapun teknik pengujian yang digunakan yaitu *white box* dengan menggunakan metode *Cyclomatic Complexity* (CC).

Dalam menguji suatu sistem, bagan alir program (*flowchart*) yang didesain sebelumnya dipetakan ke dalam bentuk bagan alir control (*flowgraph*). Hal ini memudahkan untuk penentuan region, *Cyclomatic Complexity* (CC) dan *independent path*. Jika jumlah region, *Cyclomatic Complexity* (CC) dan *independent path* sama besar maka sistem dinyatakan benar, tetapi jika sebaliknya maka sistem masih memiliki kesalahan, mungkin dari segi logika maupun dari sisi lainnya.

Cyclomatic Complexity (CC) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$V(G) = E - N + 2$$

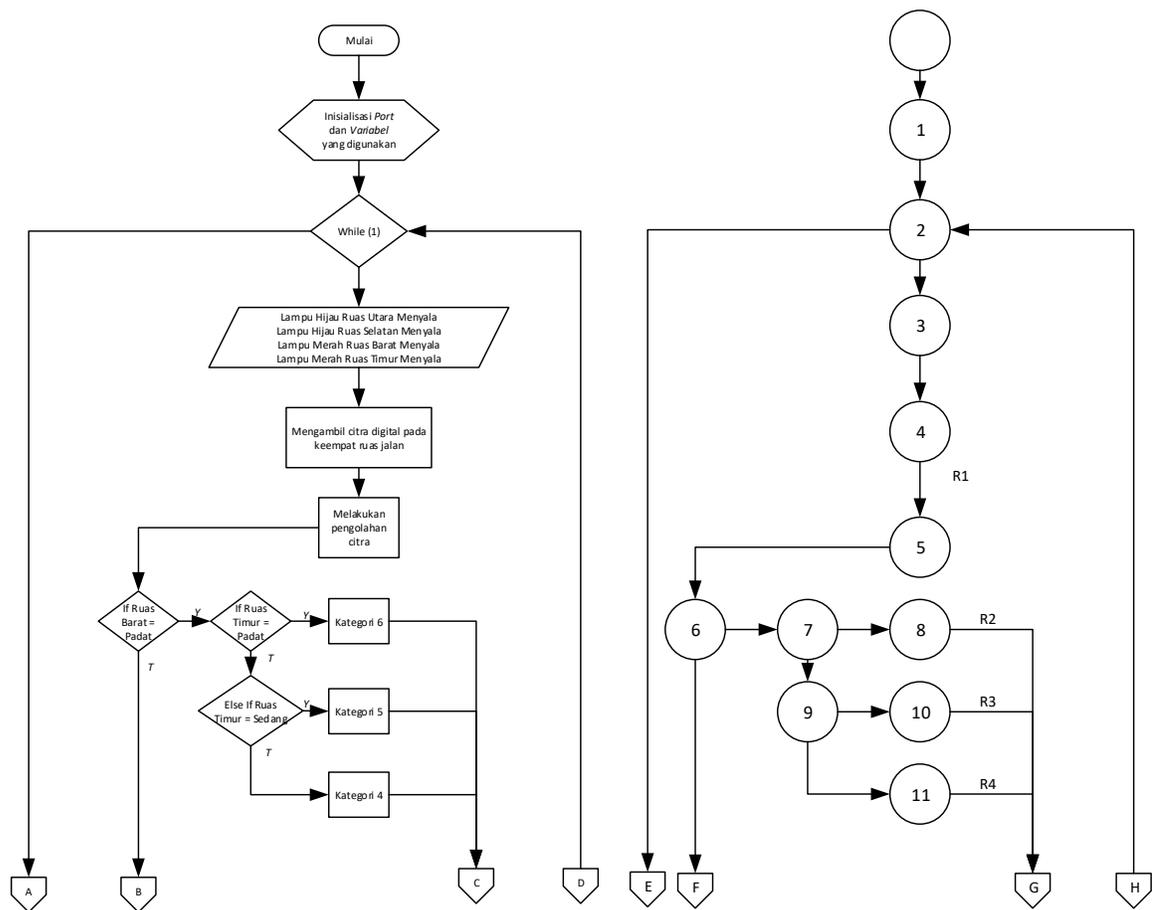
Dimana:

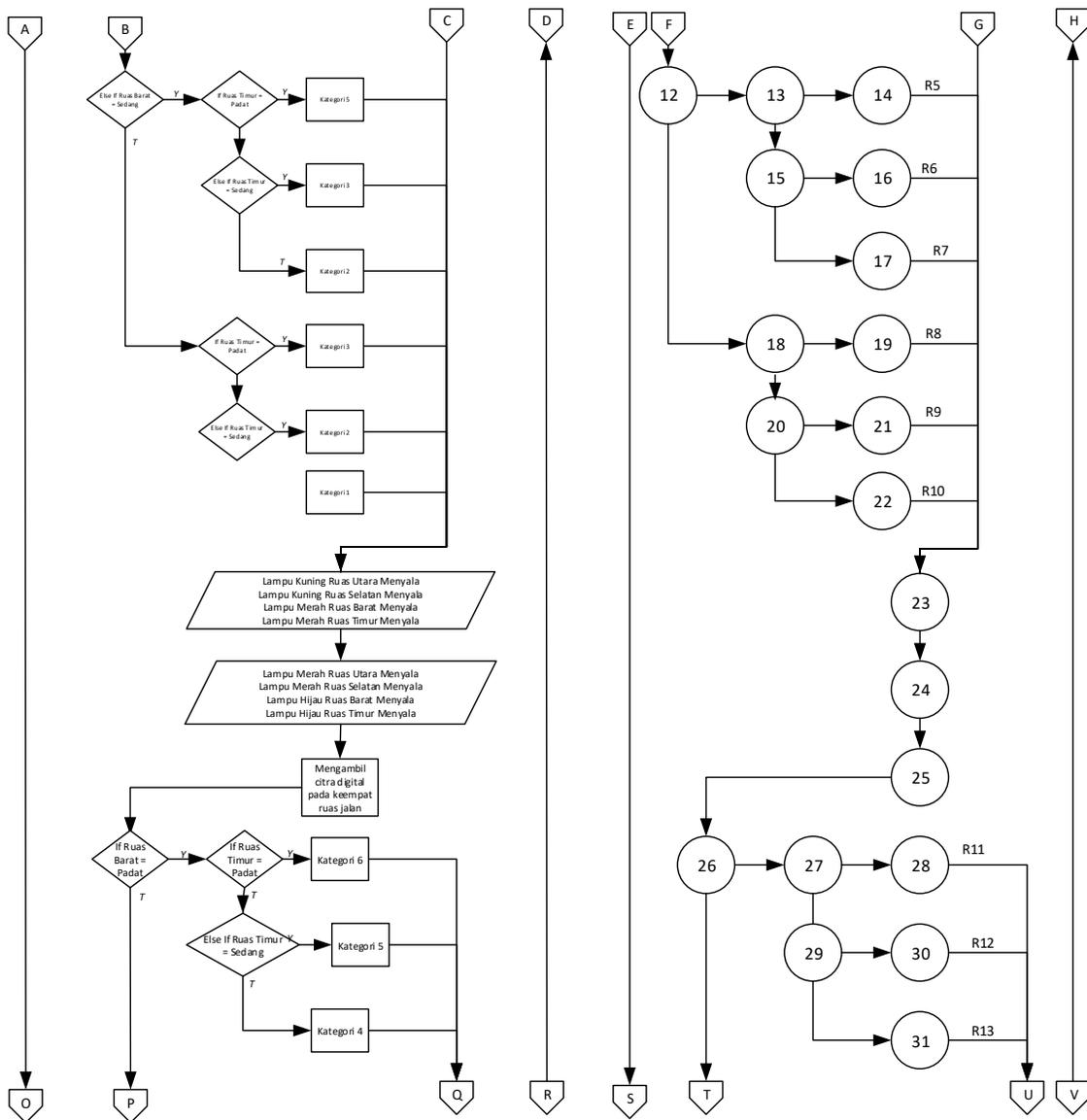
E = jumlah *edge* pada *flowgraph*

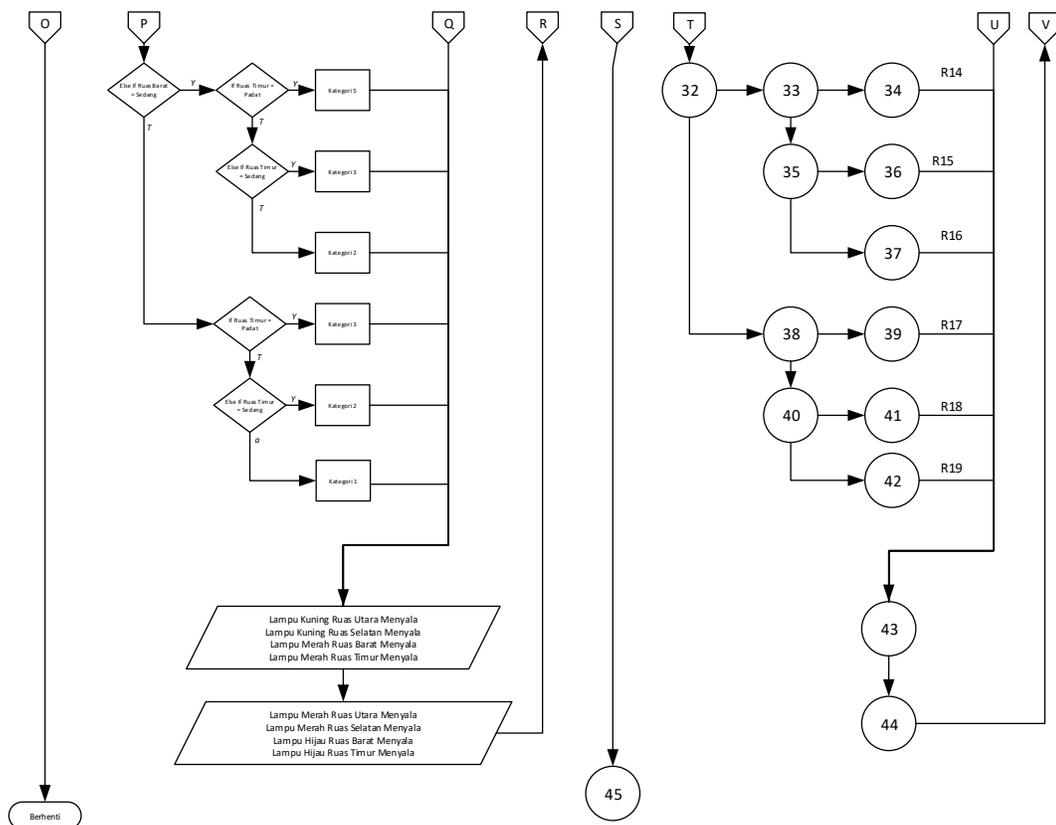
N = jumlah *node* pada *flowgraph*

Rumusan pemetaan *flowchart* ke dalam *flowgraph* dan proses perhitungan

$V(G)$ terhadap perangkat lunak dapat dilihat pada penjelasan berikut:







Gambar V.2. Flowchart dan Flowgraph Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas Menggunakan Image Processing

Diketahui:

$$E = 62 \quad N = 45$$

Penyelesaian:

$$CC = (62 - 45) + 2 = 19$$

Independent Path:

$$Path 1 = 1-2-3-4-5-6-7-8-23-24-25-26-27-28-43-44$$

$$Path 2 = 1-2-3-4-5-6-7-9-10-23-24-25-26-27-28-43-44$$

$$Path 3 = 1-2-3-4-5-6-7-9-11-23-24-25-26-27-28-43-44$$

Path 4 = 1-2-3-4-5-12-13-14-23-24-25-26-27-28-43-44

Path 5 = 1-2-3-4-5-12-13-15-16-23-24-25-26-27-28-43-44

Path 6 = 1-2-3-4-5-12-13-15-17-23-24-25-26-27-28-43-44

Path 7 = 1-2-3-4-5-12-18-19-23-24-25-26-27-28-43-44

Path 8 = 1-2-3-4-5-12-18-20-21-23-24-25-26-27-28-43-44

Path 9 = 1-2-3-4-5-12-18-20-22-23-24-25-26-27-28-43-44

Path 10 = 1-2-3-4-5-6-7-8-23-24-25-26-27-28-43-44

Path 11 = 1-2-3-4-5-6-7-8-23-24-25-26-27-29-30-43-44

Path 12 = 1-2-3-4-5-6-7-8-23-24-25-26-29-31-43-44

Path 13 = 1-2-3-4-5-6-7-8-23-24-32-33-34-43-44

Path 14 = 1-2-3-4-5-6-7-8-23-24-32-33-35-36-43-44

Path 15 = 1-2-3-4-5-6-7-8-23-24-32-33-35-37-43-44

Path 16 = 1-2-3-4-5-6-7-8-23-24-32-38-39-43-44

Path 17 = 1-2-3-4-5-6-7-8-23-24-32-40-41-43-44

Path 18 = 1-2-3-4-5-6-7-8-23-24-32-40-42-43-44

Path 19 = 1-2-3-46

Berdasarkan hasil perhitungan region, *Cyclomatic Complexity* (CC) dan *independent path* diatas, maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian sistem dengan menggunakan *white box* dengan menggunakan metode *Cyclomatic Complexity* (CC) telah benar dan tidak memiliki kesalahan baik dari segi logika maupun fungsi dan layak untuk diimplementasikan.

BAB VI

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* sesuai dengan apa yang diharapkan. Alat ini dapat membuat durasi pada lampu lalu lintas menjadi dinamis berdasarkan jumlah kepadatan kendaraan pada persimpangan empat jalan.
2. Penggunaan *Raspberry Pi 2 B+* pada sistem ini kurang maksimal, karena *Raspberry Pi 2 B+* hanya mampu menggunakan maksimal tiga kamera web atau *webcam*.

B. Saran

Sistem pengatur lampu lalu lintas menggunakan *image processing* ini masih jauh dari kesempurnaan. Adapun saran untuk penelitian dan pengembangan sistem ini sebagai berikut:

1. Untuk hasil maksimum, diperlukan *processor* yang lebih cepat dari yang digunakan *Raspberry Pi 2 B+*. sebab *Raspberry Pi 2 B+* hanya mampu mengangkat tiga kamera web atau *webcam*.
2. Untuk pengambilan citra digital yang lebih jangkauannya, sebaiknya menggunakan kamera *Closed Circuit Television (CCTV)* dengan lensa *wide*.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Agama. *Al-Qur'an Dan Terjemahannya*. Semarang: CV Toha Putra 2007.
- Erawan, Anto. "10 Kota Paling Macet di Indonesia". *Rumah.Com*, 2 Oktober 2014.
<http://www.rumah.com/berita-properti/2014/10/69651/10-kota-paling-macet-di-indonesia> (3 September 2015).
- Gonzalez, Rafael C. dan Woods, Richard E. *Digital Image Processing*. Prentice Hall.
- "Image Processing". *Wikipedia the Free Encyclopedia*.
https://en.wikipedia.org/wiki/Image_processing.
- Jogiyanto, HM. *Sistem Teknologi Informasi*. Yogyakarta: Andi, 2001.
- "Lampu Lalu Lintas." *Wikipedia the Free Encyclopedia*.
https://id.wikipedia.org/wiki/Lampu_lalu_lintas.
- On, Tjia May, Mardjoko, Pono Budi, dan Martanto, Nato. "Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas secara Sentral dari Jarak Jauh." *TESLA*, vol. 9 no. 2 (Oktober 2007).
<http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/jte/article/download/17462/17379> (Diakses 16 September 2015).
- "OpenCV". *Wikipedia the Free Encyclopedia*. <https://id.wikipedia.org/wiki/OpenCV>. (3 September 2015).
- Pantazi, Chloe. "The Worst Traffic in the World". *Thrillist.Com*, 2 Februari 2015.
<https://www.thrillist.com/travel/nation/city-with-worst-traffic-jakarta-indonesia-tops-castrol-s-ranking-of-cities-with-most-stop-starts> (3 September 2015).
- Pradipto, Deodatus. "Indeks Kota Termacet di Dunia: Jakarta Nomor Satu, Surabaya Nomor Empat." *Tribunnews.Com*, 3 Februari 2015.
<http://www.tribunnews.com/metropolitan/2015/02/03/indeks-kota-termacet-di-dunia-jakarta-nomor-satu-surabaya-nomor-empat> (3 September 2015).

- Prasetyo, Heri dan Sutisna, Utis. "Implementasi Algoritma Logika Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Menggunakan Mikrokontroler." *Techno*, vol. 15 no. 2 (Oktober 2014). <http://techno.ump.ac.id/index.php/Vol13No1/article/download/57/51> (Diakses 16 September 2015).
- Pressman, Roger S. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. Cet. 7; MHHE, 2010.
- Rachman, Taufik. "Kerugian Akibat Macet di Jakarta Capai Rp 65 Triliun per Tahun". *Republika.co.id*, 22 Mei 2015. <http://www.republika.co.id/berita/nasional/jabodetabek-nasional/15/05/22/noqqro-kerugian-akibat-macet-di-jakarta-capai-rp-65-triliun-per-tahun> (3 September 2015).
- "Raspberry Pi". *Wikipedia the Free Encyclopedia*. https://id.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi.
- Riswandi dan Syofyan, Elvi Roza. "Perencanaan Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas untuk Meningkatkan Kapasitas Simpang Empat Kawasan Pasar Raya Padang." *Jurnal Ilmiah R&B*, vol. 4 no. 2 (Oktober 2004). <http://ojs.polinpdg.ac.id/index.php/JRNB/article/download/99/84> (Diakses 16 September 2015).
- Santoso, Berkah. "Bahasa Pemrograman *Python* di *Platform GNU/LINUX*". Tangerang. 2009.
- Shaleh, K. H. Q., dkk. *Asbabun Nuzul* Jakarta: CV. Penerbit Depongoro, 2000.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al-Mishbah*. Jakarta: Lentera Hati, 2003.
- Suhartono, Joko. "Rangkain Power Supply". http://jsuhartono.blogspot.co.id/2014_10_01_archive.html. (Diakses 9 November 2015).
- Sutarbi. *Analisa Sistem Informasi*. Yogyakarta: Andi, 2004.
- Wahyudi. *Sistem Informasi Manajemen*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 1996.
- Yakub. *Pengantar Sistem Informasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2012.