

**PEMBANGUNAN ALGORITMA UNTUK MENENTUKAN WAKTU
HIJAU DARI JARINGAN PERSIMPANGAN LALU LINTAS KOTA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Oleh

APRISAL 13522157

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2020**

PERNYATAAN KEASLIAN

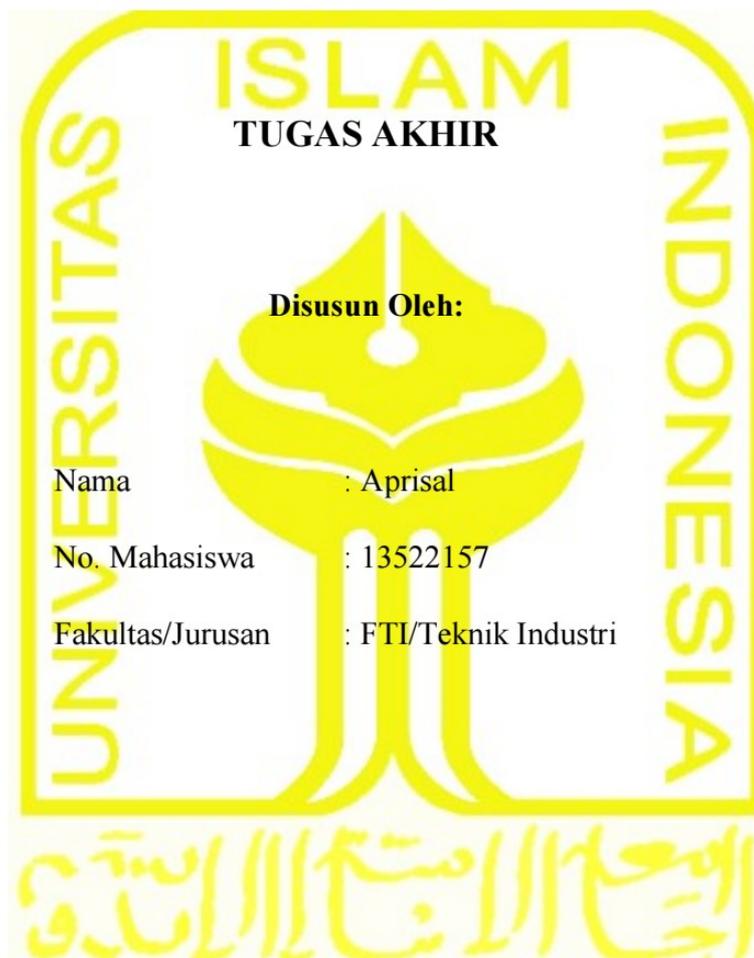
Demi Allah, dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini merupakan hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang setiap salah satunya telah saya jelaskan sumbernya dan di sebutkan dalam referensi. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 13 Oktober 2020



Aprisal

13 522 157

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**PEMBANGUNAN ALGORITMA UNTUK MENENTUKAN WAKTU
HIJAU DARI JARINGAN PERSIMPANGAN LALU LINTAS KOTA**

Nama : Aprisal
No. Mahasiswa : 13522157
Fakultas/Jurusan : FTI/Teknik Industri

Yogyakarta, 13 Oktober 2020

Dosen Pembimbing,

Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PEMBANGUNAN ALGORITMA UNTUK MENENTUKAN WAKTU HIJAU DARI JARINGAN PERSIMPANGAN LALU LINTAS KOTA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Aprisal

No. Mahasiswa : 13 522 157

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Teknik Industri
Yogyakarta, 13 Oktober 2020

Tim Penguji

Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D.

Ketua

Abdullah Azzam S.T., M.T.

Penguji 1

Harwati S.T., M.T.

Penguji 2

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Dr. Fauziq Immawan, S.T., M.M

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil' alamin

*Terima kasih kepada Orang Tua
(Syarifuddin & Sumarni)*

Terima kasih atas segala bentuk dukungan, doa, motivasi dan kasih sayangnya yang telah diberikan kepada saya hingga detik ini semoga Allah 'Azza wa Jalla menghadiahkan kalian surga-Nya yang tertinggi.

*Terima kasih kepada Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D.
Terima kasih atas ilmu, bimbingan, dan kesabaran yang diberikan dalam membimbing saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.*

Terima kasih kepada kerabat, sahabat dan teman-teman saya yang selalu membantu dan hadir menemani selama perkuliahan.

Jazakumullah Khairan Katsira

MOTTO

الَّذِينَ آمَنُوا وَتَطْمَئِنُّ قُلُوبُهُمْ بِذِكْرِ اللَّهِ أَلَا بِذِكْرِ اللَّهِ تَطْمَئِنُّ
الْقُلُوبُ ﴿٢٨﴾

(yaitu) orang-orang yang beriman dan hati mereka manjadi tenteram dengan mengingat Allah. Ingatlah, hanya dengan mengingati Allah-lah hati menjadi tenteram.

(Q.S. Ar-Ra'd: 30)

إِنَّ الَّذِينَ قَالُوا رَبُّنَا اللَّهُ ثُمَّ اسْتَقَامُوا تَتَنَزَّلُ
عَلَيْهِمُ الْمَلَائِكَةُ أَلَّا تَخَافُوا وَلَا تَحْزَنُوا وَأَبْشِرُوا بِالْجَنَّةِ الَّتِي
كُنْتُمْ تُوعَدُونَ ﴿٣٠﴾

Sesungguhnya orang-orang yang mengatakan: "Tuhan kami ialah Allah" kemudian mereka meneguhkan pendirian mereka, maka malaikat akan turun kepada mereka dengan mengatakan: "Janganlah kamu takut dan janganlah merasa sedih; dan gembirakanlah mereka dengan jannah yang telah dijanjikan Allah kepadamu".

(Q.S. Fussilat: 30)

Untuk meraih ilmu belajarlah dengan tenang dan sabar dan manusia yang berakal adalah manusia yang suka menerima dan meminta nasihat.

(Umar bin Khattab)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas nikmat yang luar biasa. Shalawat dan salam semoga terlimpahkan kepada Rasulullah SAW, keluarganya, sahabatnya dan pengikutnya hingga akhir zaman. Dengan mengucap rasa syukur Alhamdulillah atas segala rahmat dan anugerah Allah yang telah memberi ilmu, kekuatan dan kesempatan sehingga Tugas Akhir dengan judul “PEMBANGUNAN ALGORITMA UNTUK MENENTUKAN WAKTU HIJAU DARI JARINGAN PERSIMPANGAN LALU LINTAS KOTA” ini dapat terselesaikan. Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 program studi Teknik Industri pada Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Keberhasilan terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan rasa hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
2. Bapak Ketua Prodi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
3. Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bantuan dan arahnya kepada penyusun sejak awal hingga akhir penyusunan tugas akhir ini dengan penuh kesabaran.
4. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang senantiasa mendukung dan mendoakan tiada hentinya sehingga di berikan kemudahan dan kelacaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini..
5. Rekan-rekan senior, teman-teman Teknik Industri Angkatan 2013, dan junior yang memberikan dukungan moral maupun material dan memberikan semangat selama menjalani masa studi di Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Saepudin, S.Si., M.Si., Ph.D., Apt. yang selalu memberikan motivasi, serta pelajaran hidup dan ilmunya kepada penyusun.
7. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang selalu memberikan dukungan dan energi positif.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan kedepannya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Yogyakarta, 13 Oktober 2020

Penyusun



Aprisal

13 522 157

ABSTRAK

Sistem lampu lalu lintas merupakan salah satu sistem yang sangat vital dalam hal manajemen transportasi yang menjadi peranan penting bagi keberlangsungan pengguna jalan raya. Karena pada sistem ini digunakan untuk mengatur volume kendaraan agar dapat memberikan kelancaran dan mengurangi kecelakaan bagi pengguna jalan. Keadaan pada lampu lalu lintas saat ini terutama di Indonesia masih banyak menggunakan sistem pengaturan manual dimana biasanya waktu menyala lampu lalu lintas umumnya dikendalikan berdasarkan jumlah kendaraan yang terdapat di salah satu persimpangan jalan, dan pengendalian waktu ini bersifat konvensional, yakni waktu lampu menyala tetap pada kondisi padat maupun sepi. Pada sisi lain, kondisi ini masih belum lengkap dan perlu adanya inovasi, karena informasi atau kejadian ini hanya diketahui pada saat dilokasi tertentu, sementara bagian pemantau atau pihak yang berwenang tentang hal ini tidak mengetahui kejadian sebenarnya, sehingga apabila di lapangan terjadi kemacetan panjang ataupun chaos pada sistem lampu lalu lintas yang ada maka disini user perlu datang langsung ke lokasi untuk memperbaiki dan mengatur ulang waktu siklus. Untuk memperbaiki kondisi ini, maka perlu adanya sebuah algoritma yang optimal pada lampu lalu-lintas dalam menentukan waktu siklus (CT), agar setiap kejadian dan kondisi lampu dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan kendaraan. Selain itu, dengan algoritma ini mampu mengendalikan setiap lampu serta memberikan interval waktu yang teratur. Dalam masalah ini dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengoptimalkan lampu lalu lintas pada banyak persimpangan yang dapat mengubah waktu siklus lampu lalu lintas sesuai kebutuhan volume kendaraan. Algoritma yang akan dibangun merupakan langkah-langkah sistematis yang dapat di terjemahkan kedalam bahasa pemrograman. Akan tetapi pada penelitian ini memiliki batasan, dan tidak menerjemahkan ke dalam bahasa pemrograman.

Kata kunci: *Lampu Lalu Lintas, Arsitektur Terbuka, Waktu siklus, Sistem Monitoring dan Sistem Kontrol, Algoritma*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	II
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	III
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	IV
HALAMAN PERSEMBAHAN	V
MOTTO	VI
KATA PENGANTAR.....	VII
ABSTRAK	IX
DAFTAR ISI	X
DAFTAR TABEL	XII
BAB I PENDAHULUAN.....
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penulisan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 KAJIAN INDUKTIF.....	6
2.2 KAJIAN DEDUKTIF	8
2.2.1 Sejarah Lampu Lalu Lintas	8
2.2.2 Kemacetan Lampu Lalu Lintas	9
2.2.3 Persimpangan.....	10
2.2.4 Dampak Negatif Kemacetan	10
2.2.5 Transportasi.....	11
2.2.6 Kapasitas Jalan.....	11
2.2.7 Kecepatan dan Waktu Tempuh.....	12
2.2.8 Kinerja Jalan	13
2.2.9 Algoritma	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 OBJEK PENELITIAN	16
3.2 IDENTIFIKASI MASALAH.....	16
3.3 Perumusan Masalah	16

3.4	Kajian Literatur	17
3.5	Pengumpulan Data	17
3.6	Pengolahan Data	17
3.7	Analisis Hasil	17
3.8	Kesimpulan dan Saran	17
3.9	Diagram Alur Penelitian	18
BAB IV HASIL PENELITIAN		19
4.1	Pengumpulan Data	19
4.1.1	Volume Trafik	19
4.1.2	Jarak berhenti Setiap Kendaraan	20
4.1.3	Kecepatan Rata-Rata di Antara Dua Persimpangan	20
4.1.4	Kecepatan Rata-Rata Reaksi Untuk Berjalan	21
4.1.5	Waktu Reaksi Pengendara Ketika Mulai Berjalan	21
4.1.6	Rata-Rata Panjang Kendaraan	21
4.1.7	Rata-Rata Jumlah Kendaraan Berhenti Saat Jam Sibuk	22
4.2	Pengolahan Data	23
4.2.1	Algoritma Untuk Jam Normal	24
4.2.2	Algoritma Untuk Jam Sibuk	24
BAB V PENGUJIAN SISTEM DAN PEMBAHASAN		27
5.1	Perbandingan Hasil Algoritma dengan Kondisi Nyata	27
5.2	Algoritma Transisi dari Jam Normal ke Jam Sibuk	28
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		29
6.1	KESIMPULAN	29
6.2	Saran	29
DAFTAR PUSTAKA		30

DAFTAR TABEL

TABEL 4.1 DATA VOLUME TRAFIK	20
TABEL 4.2 DATA KECEPATAN DI ANTARA DUA PERSIMPANGAN TEMPAT PENELITIAN	21
TABEL 4.3 DATA RATA-RATA JUMLAH KENDARAAN BERHENTI SAAT JAM SIBUK SETIAP RUAS JALAN.....	22
TABEL 5.1 PERBANDINGAN WAKTU HASIL ALGORITMA YANG DIUSULKAN DENGAN HASIL PENGAMATAN ..	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	18
Gambar 4.1 Jarak Berhenti Setiap Kendaraan di Suatu Persimpangan	20
Gambar 4.2 Standar Panjang Kendaraan yang digunakan Bina Marga.....	22
Gambar 4.3 Posisi Ruas Jalan Pengambilan Data Jumlah Kendaraan Berhenti.....	22
Gambar 4.4 Jarak Tempuh untuk Memberikan Gelombang Hijau.....	25
Gambar 5.1 Perbandingan Hasil Algoritma Yang Diusulkan Dengan Hasil Pengamatan	28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah pengguna jalan dan kendaraan meningkat secara terus menerus di seluruh dunia. Di Indonesia saja peningkatan kendaraan sangat tinggi seiring dengan kondisi pertumbuhan ekonomi, daya beli masyarakat terhadap mobil pun terus bertumbuh. Tentu saja menjadi momok bagi banyak orang, yakni kemacetan lalu lintas yang juga kian tak terbendung. Ditambah lagi masalah polusi yang semakin membahayakan kesehatan.

Berdasarkan catatan Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (Gaikindo), jumlah mobil baru yang terjual di tanah air tiap tahunnya di atas satu juta unit. Angka itu diproyeksikan bakal terus bertambah seiring dengan jumlah penduduk Indonesia yang cukup besar. Hal ini akan berdampak pada tingkat kemacetan yang semakin tinggi dan membuat resah para pengguna jalan. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan peningkatan pengaturan sistem lalu lintas yang baik supaya kondisi lalu lintas tetap terjaga lancar dan jumlah kemacetan dapat ditekan seminimal mungkin. Salah satu sarana dalam pengaturan lalu lintas adalah lampu lalu lintas yang berguna untuk mengatur aliran dan arah kendaraan-kendaraan yang sedang melintas di persimpangan jalan.

Sebagai bagian vital dari sistem lalu lintas, keberadaan lampu lalu lintas tidak dapat dipungkiri sangat amat penting. Pemberlakuan tiga warna (merah, kuning, hijau) pada lampu lalu lintas juga telah menjadi standar umum internasional dan berlaku secara global. Namun, pengoperasian lampu lalu lintas bukanlah tanpa masalah. Siklus waktu lampu lalu

lintas (merah-kuning-hijau) saat ini kebanyakan masih diatur secara konstan dan manual. Misal, berapa detik lampu merah menyala atau lampu kuning maupun lampu hijau.

Contoh masalah adalah lampu lalu lintas tidak akan menyesuaikan lamanya *delay* dengan kepadatan kendaraan yang berubah-ubah sepanjang hari. Sehingga sekalipun arus lalu lintas pada suatu lajur jalan sedang sepi atau kepadatan rendah lamanya *delay* waktu siklus tidak berbeda dengan lama *delay* disaat keadaan arus lalu lintas pada lajur jalan tersebut sedang ramai. Padahal idealnya, pada lajur jalan yang kepadatan arus kendaraannya tinggi lampu lalu lintas berwarna hijau harusnya memiliki *delay* yang lebih lama dibandingkan dengan lajur yang kepadatan kendaraannya rendah. Tentu saja hal ini sangat berguna untuk memberikan kesempatan lebih banyak kepada kendaraan-kendaraan yang melewati lampu lalu lintas pada lajur yang lebih sibuk (kepadatan kendaraan lebih tinggi) tersebut.

Realita yang terjadi di lapangan banyak sekali waktu hidup lampu hijau terbuang percuma karena kendaraan yang melintas sedang sepi, begitu pula sebaliknya ketika kendaraan yang melintas sedang padat waktu hidup lampu hijau tidak menyesuaikan jumlah kendaraan yang ada. Hal ini juga dikarenakan tidak terkordinasinya suatu lampu lalu lintas dengan yang lain. Dengan keadaan lampu lalu lintas yang terkordinir akan sangat baik untuk mengatasi waktu lampu lalu lintas yang terbuang.

Suatu sistem pengaturan siklus waktu lampu lintas yang pandai untuk banyak persimpangan yang bisa mengatur waktu siklusnya secara otomatis akan menjadi suatu hal yang cukup penting di masa depan. Hal ini akan sangat terasa kegunaannya pada saat kepadatan lalu lintas di persimpangan terjadi. Siklus waktu lampu lalu lintas bisa disesuaikan secara otomatis dengan kepadatan kendaraan yang ada pada lajur-lajur jalan yang ada di sekitar persimpangan jalan. Baik yang akan masuk ke persimpangan dan yang keluar dari persimpangan jalan. Dengan demikian waktu siklus (*delay*) lampu lalu lintas akan benar-benar efektif dan efisien.

Pembangunan algoritma pada sistem lampu lalu lintas untuk banyak persimpangan akan sangat membantu dalam pengoptimalan siklus waktu lampu lalu lintas.. Algoritma nantinya dapat diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman. Algoritma yang akan dibangun merupakan langkah-langkah sistematis untuk menentukan waktu siklus lampu lalu lintas dengan memperhitungkan keadaan jalan sepi, jalan ramai, jumlah kendaraan, jarak dan kecepatan rata-rata kendaraan sampai pada simpangan berikutnya. Dari penjelasan

sebelumnya dapat diangkat sebuah permasalahan yang akan dibahas lebih lanjut pada penelitian ini dan juga sebagai salah satu tindakan perbaikan atau peningkatan pada sistem lampu lalu lintas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dibuat rumusan masalah yaitu bagaimana menentukan durasi waktu hijau aliran lalu lintas serta bagaimana hasil algoritma aliran trafik jika dibandingkan dengan hasil pengamatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah yaitu mengetahui langkah-langkah dalam menentukan durasi waktu hijau lampu lalu lintas pada banyak persimpangan.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian hanya berupa simulasi dan tidak di implementasikan langsung dilapangan.
2. Penelitian hanya membangun algoritma atau langkah-langkah sistematis dan tidak diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman.

1.5 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Pihak lain
Dengan mengoptimalkan pengoperasian lampu lalu lintas yang *multi junction* dapat mengurangi tingkat kemacetan yang terjadi saat ini dan membuat pengguna jalan merasa aman dan nyaman.
2. Bagi Masyarakat

Manfaat untuk masyarakat terutama bagi pengguna jalan yaitu agar dapat berkendara lebih nyaman dan dapat mengurangi antrian lampu lalu lintas yang terlalu lama.

3. Bagi peneliti

- a. Meningkatkan pengetahuan dan pengalaman dalam mengaplikasikan ilmu otomasi di dunia nyata.
- b. Menambah pengalaman bagi peneliti untuk bekal didunia pekerjaan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini dibagi dalam beberapa bab dengan pokok–pokok permasalahannya. Sistematika penulisan secara umum dari laporan ini sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah, maksud dan tujuan, batasan–batasan masalah, dan metode pengumpulan data yang digunakan serta sistematika penulisan laporan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini akan menguraikan studi induktif dan deduktif. Penelitian induktif terutama penting untuk menentukan studi literatur dari penelitian sebelumnya. studi deduktif menyarankan teori pendukung dasar. tinjauan pustaka berisi baik konsep dan prinsip-prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian.

BAB III : METODELOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan mengenai alur penelitian dari awal hingga akhir penelitian, selain itu juga menjelaskan mengenai data yang di gunakan serta objek penelitian.

BAB IV : PEMBANGUNAN ALGORITMA

Pada bab ini membahas mengenai proses pembangunan algoritma optimasi lampu lalu lintas dari tahap awal hingga tahap akhir.

BAB V : IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini berisi pembahasan bukanlah kesimpulan dan penegasan hasil bab sebelumnya, namun berisi pembahasan kritis mengenai hasil bab sebelumnya dan belum dipaparkan di bab sebelumnya. Contoh isi pembahasan adalah ditemukannya kelemahan atau ketidak normalan dari penelitian yang diusulkan. Hasil pembahasan seharusnya dapat dijadikan sebagai dasar dalam penentuan usulan penelitian selanjutnya di bab berikutnya.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang akan diuraikan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan juga dalam bab ini dipaparkan saran yang berisi beberapa rekomendasi pengembangan penelitian lanjutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Induktif

Kajian induktif merupakan kajian atau ilmu pengetahuan yang di dapat dari fakta atau hasil dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya baik yang dipublikasikan maupun yang tidak berhubungan dengan penelitian ini. Beberapa penelitian yang serupa dengan penelitian ini adalah sebagai berikut.

Penelitian Detty Purnamasari dkk (2012), telah mengkaji mengenai perancangan pengendali lampu lalu lintas (studi kasus pada simpang empat Kalimas - Bekasi Timur) untuk mengatur pergantian nyala lampu hijau dan merah, sehingga tidak terjadi tabrakan kendaraan dari empat arah dengan menerapkan algoritma *Welch-Powell* dan nantinya algoritma tersebut dituangkan menjadi suatu aplikasi dengan bahasa pemrograman salah satunya adalah Visual Basic 6.0. Algoritma Welch-Powell merupakan salah satu teknik pewarnaan dari graf. Didapatkan empat fase pergantian nyala lampu merah dan hijau dengan arah-arrah tertentu yang dihasilkan untuk menghindari tabrakan.

Penelitian Rizky Praditya dkk (2016), telah mengkaji mengenai metode *Goal Programming* menjadi metode penyelesaian untuk kasus multi tujuan. Implementasi model optimasi, dapat memenuhi keseluruhan batasan tujuan dan batasan fungsional dan hasil optimasi dengan menggunakan model *Goal Programming* didapatkan durasi lampu hijau optimal dibandingkan dengan kondisi realita pada Jl. Jendral Ahmad Yani, Jl. Jenggala, Jl. Gubernur Suryo serta setiap jalur pada persimpangan sesuai kondisi lalu lintas dengan memperhatikan redudansi kendaraan dan waktu tunggu serta batasan-batasan yang dimilikinya. Hasil optimasi lebih baik dibandingkan realita dengan melihat aspek

Penurunan redudansi kendaraan sebesar 45.95%, percepatan waktu tunggu sebesar 39.43%, penurunan kendaraan tersisa sebesar 29.88% dan penurunan kendaraan tersisa terakhir sebesar 52.55%, namun lebih buruk pada aspek peningkatan kendaraan melintas sebesar 41.50% dikarenakan oleh beberapa kondisi.

Penelitian Hartono dkk (2006), telah mengkaji mengenai penggunaan algoritma *greedy* dalam optimasi pengaturan lampu lintas dengan menggunakan *micro approach* dimana pengaturan dilakukan secara lokal di setiap percabangan misalnya perempatan atau pertigaan. Dengan menggunakan sensor pada setiap jalur dapat diketahui jumlah kendaraan yang melewati jalur tersebut. Jalur yang mempunyai jumlah kendaraan terbesar akan memiliki delay time lampu hijau yang terbesar. Aspek *greedy* dalam cara tersebut adalah jika setiap lampu yang memiliki jumlah kendaraan terbesar memiliki *delay time* lampu hijau terbesar maka secara akumulatif lalu lintas akan memiliki jumlah kendaraan terkecil karena adanya pembebasan pergerakan kendaraan dari jalur-jalur yang memiliki jumlah kendaraan terbesar.

Penelitian Riwinoto dkk (2010), telah mengkaji mengenai konsep node, busur, dan konstrain pada graf diperlukan pada optimasi pengaturan lampu lalu lintas menggunakan *greedy* berbasis graf. Hasil uji coba menunjukkan solusi optimal yang ditemukan dengan algoritma *greedy* bukanlah selalu solusi global optimal karena graf solusi optimal relatif pendek dan atau terdapat graf lain yang total densitasnya lebih besar dari total densitas graf optimal tersebut. Hasil ujicoba *new greedy* yang diusulkan menghasilkan perfomansi yang sama dengan *old greedy* dari *paper* yang lain meskipun kedua algoritma mempunyai karakteristik yang berbeda. Dan penggunaan algoritma *greedy* baik *old greedy* maupun *new greedy* yang menghasilkan perfomansi yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan penjadwalan lampu lalu lintas yang statis.

Penelitian Adhitya Yoga Yudanto dkk (2013), telah mengkaji mengenai menggunakan *fuzzy logic* untuk menghasilkan jumlah detik lampu hijau yang lebih dinamis sesuai kepadatan kendaraan yang ada pada suatu simpang jalan. Kelebihan lain adalah *fuzzy logic* cocok digunakan pada sebagian besar permasalahan yang terjadi di dunia nyata yang kebanyakan bukan biner dan bersifat non linier karena *fuzzy logic* menggunakan nilai linguistik yang tidak linier. Simulasi lampu lalu lintas dengan menggunakan *software* MATLAB menghasilkan jumlah detik lampu hijau yang berbeda sesuai dengan input yang berupa jumlah kendaraan. Sistem lampu lalu lintas dengan *fuzzy logic* lebih efektif

dibandingkan dengan sistem lalu lintas konvensional, hal ini dikarenakan sistem lalu lintas dengan *fuzzy logic* dapat menyesuaikan dengan kepadatan yang sedang terjadi pada suatu persimpangan jalan.

Penelitian Ferry Juniardi (2009), telah mengkaji mengenai perencanaan waktu siklus sebagai solusi dari pengaturan simpang, serta merencanakan fase sinyal dengan tetap menerapkan belok kiri langsung tanpa menunggu waktu hijau (LTOR). Waktu siklus yang direncanakan sedikit lebih pendek dari waktu siklus yang ada sekarang, ini dimaksudkan agar antrian yang terjadi di setiap ruas jalan tidak terlampau panjang dan juga untuk membatasi arus yang masuk ke Jembatan Kapuas I agar tidak melebihi kapasitasnya. Kemudian waktu siklus optimum ditentukan dengan cara mencoba-coba waktu hijau sebanyak beberapa kali sampai didapatkan derajat kejenuhan (DS) yang paling kecil, panjang antrian (NQ) yang paling pendek serta tundaan (D) yang paling kecil sebagai parameter utamanya. Waktu siklus dinamis yang dihitung digunakan sebagai alternatif sinyal jika waktu siklus berdasarkan jam sibuk tidak mampu melayani kebutuhan lalu lintas yang terjadi pada simpang tersebut.

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan terlebih dahulu, peneliti disini akan melakukan penelitian mengenai pembangunan algoritma optimasi arus lampu lalu lintas untuk banyak persimpangan. Penentuan *timing* lampu lalu lintas yang tepat dan saling terkordinasi adalah tujuan dari penelitian yang akan dilakukan. Dengan algoritma ini dapat membuat kinerja pada lampu lalu lintas menjadi lebih efektif dan efisien.

2.1 Kajian Deduktif

2.2.1 Sejarah Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas adalah suatu alat kendali kontrol dengan menggunakan lampu yang terpasang pada persimpangan dengan tujuan untuk mengatur arus lalu lintas. Pengaturan arus lalu lintas pada persimpangan pada dasarnya dimaksudkan untuk bagaimana pergerakan kendaraan pada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan dapat bergerak secara pergantian sehingga tidak saling mengganggu antar arus yang ada (Jatmiko, 2013).

Lampu lalu lintas pertama kali di pasang di London dan hanya ada duwarna yaitu hijau dan merah. Lampu ini di temukan pertama kali oleh Lester Farnsworth Wire. Setelah satu tahun lampu merah itu di temukan, pada tahun 1869 lampu

lalulintas itu meledak dan melukai salah satu polisi yang sedang berada di dekat lampu lalu lintas. Setelah kejadian tersebut lampu lalu lintas tidak dipasang lagi. Agustus Morgan adalah pencipta lampu lintas setelah Lester Farnsworth Wire, dia merancang dan memperbaiki fungsi dari lampu lalu lintas agar lebih aman, efektif dan efisien. Berdasarkan pada eksperimennya, Garret menciptakan lampu lalu lintas yang menambahkan tanda stop and go untuk mempermudah. Setelahnya Gerrett membuat lampu jalan raya yang berwujud T, lampu ini terbagi menjadi tiga warna yaitu merah dengan pengartian stop, warna hijau dengan artian go dan warna kuning dengan artian posisi stop.

Perbedaan dari warna kuning dan merah pada stop ini adalah kuning memberi jedah kapan kendaraan berjalan dan mulai berhenti. Lampu kuning juga memberikan kesempatan untuk berhenti dan berjalan secara perlahan. Setelah Lester dan Gerrett lampu lalu lintas di kembangkan dengan sempurna oleh polisi bernama William Potts menggunakan tiga warna dan di oprasikan dengan cara otomatis menggunakan tenaga listrik pada maret 1992.

Sistem pengendalian lampu lalu lintas bisa dikatakan baik jika lampu-lampu lalu lintas yang terpasang dapat berjalan baik secara otomatis dan dapat menyesuaikan diri dengan kepadatan lalu lintas pada tiap-tiap jalur, sistem ini disebut sebagai actuated controller. Lampu lalu lintas pada umumnya dioprasikan menggunakan tenaga listrik namun saat ini sudah banyak perkembangan pada lalu lintas menggunakan tenaga matahari untuk pengoperasiaanya.

2.2.2 Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian. Pada saat terjadinya kemacetan, nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan akan ditinjau dimana kemacetan akan terjadi bila nilai derajat kejenuhan mencapai lebih dari 0,5 (MKJI, 1997). Jika arus lalu lintas mendekati kapasitas, kemacetan mulai terjadi. Kemacetan semakin meningkat apabila arus begitu besarnya sehingga kendaraan sangat berdekatan satu sama lain. Kemacetan total terjadi apabila kendaraan harus berhenti atau bergerak sangat lambat (Ofyar Z Tamin, 2000).

Lalu lintas tergantung kepada kapasitas jalan, banyaknya lalu lintas yang ingin bergerak, tetapi kalau kapasitas jalan tidak dapat menampung, maka lalu lintas yang

ada akan terhambat dan akan mengalir sesuai dengan kapasitas jaringan jalan maksimum (Budi D. Sinulingga, 1999). Kemacetan lalu lintas pada ruas jalan raya terjadi saat arus kendaraan lalu lintas meningkat seiring bertambahnya permintaan perjalanan pada suatu periode tertentu serta jumlah pemakai jalan melebihi dari kapasitas yang ada (Meyer et al, 1984).

2.2.3 Persimpangan

Persimpangan merupakan suatu tempat dimana terdapat dua atau lebih jalan bertemu atau berpotongan. Setiap jalan yang memencar dari titik perpotongan atau pertemuan merupakan bagian dari persimpangan tersebut, disebut juga lengan persimpangan. Pada persimpangan sering timbul konflik yang berulang seperti tundaan dan antrian.

Karakteristik dari transportasi jalan adalah bahwa setiap pengemudi bebas untuk memilih rutanya sendiri dalam jaringan transportasi yang ada (terkecuali untuk angkutan umum yang telah memiliki rute atau trayek), karena itu perlu disediakan persimpangan-persimpangan untuk menjamin keamanan dan efesienya arus lalu lintas yang hendak pindah dari satu ruas jalan ke ruas jalan lainnya (Irlinawati, 2008).

2.2.4 Dampak Negatif Kemacetan

Menurut Santoso (1997), kerugian yang diderita akibat dari masalah kemacetan ini apabila dikuantifikasikan dalam satuan moneter sangatlah besar, yaitu kerugian karena waktu perjalanan menjadi panjang dan makin lama, biaya operasi kendaraan menjadi lebih besar dan polusi kendaraan yang dihasilkan makin bertambah. Pada kondisi macet kendaraan merangkak dengan kecepatan yang sangat rendah, pemakaian BBM menjadi sangat boros, mesin kendaraan menjadi lebih cepat aus dan buangan kendaraan yang dihasilkan lebih tinggi kandungannya. Pada kondisi kemacetan pengendara cenderung menjadi tidak sabar yang menjurus ke tindakan tidak disiplin yang pada akhirnya memperburuk kondisi kemacetan lebih lanjut lagi.

Menurut Etty Soesilowati (2008), secara ekonomis masalah kemacetan lalu lintas akan menciptakan biaya sosial, biaya operasional yang tinggi, hilangnya waktu, polusi udara, tingginya angka kecelakaan, bising, dan juga menimbulkan ketidaknyamanan bagi pejalan kaki. Menurut Tamin (2000:493), masalah lalu lintas atau kemacetan menimbulkan kerugian yang sangat besar bagi pemakai jalan, terutama dalam hal pemborosan waktu (tundaan), pemborosan bahan bakar,

pemborosan tenaga dan rendahnya kenyamanan berlalulintas serta meningkatnya polusi baik suara maupun polusi udara.

2.2.5 Transportasi

Pengertian transportasi menurut Morlok (1981), adalah memindahkan atau mengangkut dari suatu tempat ke tempat lain. Menurut Bowersox (1981), definisi transportasi adalah perpindahan barang atau penumpang dari suatu lokasi ke lokasi lain, dengan produk yang digerakkan atau dipindahkan ke lokasi yang dibutuhkan atau diinginkan. Steenbrink mendefinisikan sebagai perpindahan orang atau barang menggunakan kendaraan atau lainnya, tempat-tempat yang dipisahkan secara geografis.

Pengertian transportasi menurut Papacostas (1987), transportasi didefinisikan sebagai suatu sistem yang terdiri dari fasilitas tertentu beserta arus dan sistem kontrol yang memungkinkan orang atau barang dapat berpindah dari suatu tempat ketempat lain secara efisien dalam setiap waktu untuk mendukung aktifitas manusia. Transportasi dikatakan baik, apabila perjalanan cukup cepat, tidak mengalami kemacetan, frekuensi pelayanan cukup, aman, bebas dari kemungkinan kecelakaan dan kondisi pelayanan yang nyaman. Untuk mencapai kondisi yang ideal seperti ini, sangat ditentukan oleh berbagai faktor yang menjadi komponen transportasi ini, yaitu kondisi prasarana (jalan), sistem jaringan jalan, kondisi sarana (kendaraan) dan sikap mental pemakai fasilitas transportasi tersebut (Budi D. Sinulingga, 1999).

Proses transportasi merupakan gerakan dari tempat asal, yaitu darimana kegiatan pengangkutan dimulai dan ke tempat tujuan, yaitu dimana kegiatan pengangkutan diakhiri. Transportasi bukanlah tujuan, melainkan sarana untuk mencapai tujuan sementara kegiatan masyarakat sehari-hari, bersangkutan paut dengan produksi barang dan jasa untuk mencukupi kebutuhan yang beraneka ragam. Kegiatan transportasi terwujud menjadi pergerakan lalu lintas antara dua guna lahan, karena proses pemenuhan kebutuhan yang tidak terpenuhi ditempat asal (Nasution, 1996).

2.2.6 Kapasitas Jalan

Kapasitas suatu ruas jalan dalam suatu sistem jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang memiliki kemungkinan yang cukup untuk melewati ruas jalan tersebut (dalam satu maupun dua arah) dalam periode waktu tertentu dan di bawah kondisi jalan dan lalu lintas yang umum (Oglesby dan Hicks, 1993). Untuk jalan dua

lajur dua arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur.

Kapasitas merupakan salah satu ukuran kinerja lalu lintas pada saat arus lalu lintas maksimum dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan pada kondisi tertentu (MKJI, 1997). Menurut HCM (1994), kapasitas didefinisikan sebagai penilaian pada orang atau kendaraan masih cukup layak untuk memindahkan sesuatu, atau keseragaman segmen jalan selama spesifikasi waktu dibawah lalu lintas dan jam sibuk.

2.2.7 Kecepatan dan Waktu Tempuh

Kecepatan dinyatakan sebagai laju dari suatu pergerakan kendaraan dihitung dalam jarak persatuan waktu (km/jam) (F. D Hobbs, 1995). Pada umumnya kecepatan dibagi menjadi tiga jenis sebagai berikut ini.

- a. Kecepatan setempat (*Spot Speed*), yaitu kecepatan kendaraan pada suatu saat diukur dari suatu tempat yang ditentukan.
- b. Kecepatan bergerak (*Running Speed*), yaitu kecepatan kendaraan rata-rata pada suatu jalur pada saat kendaraan bergerak dan didapat dengan membagi panjang jalur dibagi dengan lama waktu kendaraan bergerak menempuh jalur tersebut.
- c. Kecepatan perjalanan (*Journey Speed*), yaitu kecepatan efektif kendaraan yang sedang dalam perjalanan antara dua tempat dan merupakan jarak antara dua tempat dibagi dengan lama waktu kendaraan menyelesaikan perjalanan antara dua tempat tersebut.

MKJI menggunakan kecepatan tempuh sebagai ukuran utama kinerja segmen jalan. Kecepatan tempuh merupakan kecepatan rata-rata (km/jam) arus lalu lintas dari panjang ruas jalan dibagi waktu tempuh rata-rata kendaraan yang melalui segmen jalan tersebut (MKJI 1997). Kecepatan tempuh merupakan kecepatan rata-rata dari perhitungan lalu lintas yang dihitung berdasarkan panjang segmen jalan dibagi dengan waktu tempuh rata-rata kendaraan dalam melintasinya (HCM, 1994).

Sedangkan waktu tempuh (TT) adalah waktu total yang diperlukan untuk melewati suatu panjang jalan tertentu, termasuk waktu berhenti dan tundaan pada simpang. Waktu tempuh tidak termasuk berhenti untuk beristirahat dan perbaikan kendaraan (MKJI,1997). Waktu tempuh merupakan waktu rata-rata yang dihabiskan

kendaraan saat melintas pada panjang segmen jalan tertentu, termasuk di dalamnya semua waktu henti dan waktu tunda (HCM, 1994).

2.2.8 Kinerja Jalan

Kinerja jalan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 1997, adalah suatu ukuran kuantitatif yang menerangkan tentang kondisi operasional jalan seperti kerapatan atau persen waktu tundaan. Kinerja jalan pada umumnya dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh dan kebebasan bergerak.

Unjuk kerja atau tingkat pelayanan jalan merupakan indikator yang menunjukkan tingkat kualitas lalu lintas. Menurut MKJI 1997 dalam Fathoni, M dan Buchori, E, 2004 tingkat pelayanan jalan (*Level of service*) dinyatakan sebagai berikut:

- a. Kondisi operasi yang berbeda yang terjadi pada lajur jalan ketika mampu menampung bermacam-macam volume lalu lintas.
- b. Ukuran kualitas dari pengaruh faktor aliran lalu lintas, kenyamanan pengemudi, waktu perjalanan, hambatan, kebebasan manuver dan secara tidak langsung biaya operasi dan kenyamanan.

Unjuk kerja lalu lintas pada ruas jalan perkotaan dapat ditentukan melalui nilai VC ratio atau perbandingan antara volume kendaraan yang melalui ruas jalan tersebut pada rentang waktu tertentu dengan kapasitas ruas jalan tersebut yang tersedia untuk dapat dilalui kendaraan pada rentang waktu tertentu. Semakin besar nilai perbandingan tersebut maka unjuk kerja pelayanan lalu lintas akan semakin buruk dan berpengaruh pada kecepatan operasional kendaraan yang merupakan bentuk fungsi dari besaran waktu tempuh kendaraan. Nilai VC ratio dapat dibuat interval untuk mengklasifikasikan tingkat pelayanan ruas jalan. Di Indonesia, kondisi pada tingkat pelayanan (LOS) diklasifikasikan atas berikut :

1. Tingkat Pelayanan A
 - a) Kondisi arus bebas dengan volume lalu lintas rendah dan kecepatan tinggi.
 - b) Kepadatan lalu lintas sangat rendah dengan kecepatan yang dapat dikendalikan oleh pengemudi berdasarkan batasan kecepatan maksimum/minimum dan kondisi fisik jalan.

- c) Pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkannya tanpa atau dengan sedikit tundaan.
2. Tingkat Pelayanan B
- a) Arus stabil dengan volume lalu lintas sedang dan kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas.
 - b) Kepadatan lalu lintas rendah, hambatan internal lalu lintas belum mempengaruhi kecepatan.
 - c) Pengemudi masih cukup punya kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.
3. Tingkat Pelayanan C
- a) Arus stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi.
 - b) Kepadatan lalu lintas meningkat dan hambatan internal meningkat.
 - c) Pengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan, pindah lajur atau mendahului.
4. Tingkat Pelayanan D
- a) Arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas tinggi dan kecepatan masih ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus.
 - b) Kepadatan lalu lintas sedang fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar.
 - c) Pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang sangat singkat.
5. Tingkat Pelayanan E
- a) Arus lebih rendah daripada tingkat pelayanan D dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah.
 - b) Kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi.
 - c) Pengemudi mulai merasakan kemactan-kemacetan durasi pendek.
6. Tingkat Pelayanan F
- a) Arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang.
 - b) Kepadatan lalu lintas sangat tinggi dan volume rendah serta terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama.
 - c) Dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai 0.

Formulir yang digunakan untuk menilai kinerja jalan yaitu formulir UR-1 untuk data umum dan data geometrik jalan, UR-2 untuk arus lalu lintas serta UR-3 untuk analisa kecepatan dan kapasitas jalan.

1.2.9 Algoritma

Algoritma adalah setiap prosedur komputasi yang terdefinisi dengan baik yang mengambil beberapa nilai, atau seperangkat nilai-nilai, sebagai masukan dan menghasilkan beberapa nilai, atau seperangkat nilai-nilai sebagai output. Kita juga dapat melihat sebuah algoritma sebagai alat bantu untuk memecahkan masalah (Cormen, 2001).

Algoritma adalah urutan langkah-langkah logis penyelesaian masalah yang disusun secara sistematis. Langkah-langkah logis berarti kebenarannya harus dapat ditentukan benar atau salah (Munir, 1999). Menurut Thomason Susabda Ngeon (2004), Algoritma bersifat *programming language independent*. Sebuah algoritma dapat diimplementasikan dengan berbagai bahasa pemrograman, tapi penulisnya tidak tergantung pada bahasa pemrograman tertentu. Algoritma dapat disajikan dengan dua teknik yaitu dengan tulisan dan gambar, penyajian algoritma dalam bentuk tulisan biasanya menggunakan metode seperti Bahasa Indonesia Terstruktur (BIT), *pseudocode*, *spark*, *Structured English*. Sedangkan penyajian algoritma dalam bentuk gambar biasanya menggunakan metode seperti *flowchart*, *hirarcy plus input-process-output (HIPO) chart*, *structured chart* dan *nassi schneiderman chart*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Langkah awal dalam penelitian ini adalah menentukan lokasi penelitian. Dalam penelitian ini, lokasi penelitian ditentukan yaitu di dua simpang tiga di Jl. Kaliurang KM 12.5 sampai dengan Jl. Kaliurang KM 14.

3.2 Identifikasi Masalah

Masalah yang terlihat ketika melakukan pengamatan adalah pecahan waktu hijau di setiap simpang yang tidak sesuai dengan permintaan lalu lintas (*traffic demand*), sehingga sering terjadi lampu hijau masih menyala lama walaupun sudah tidak ada kendaraan yang melalui ruas jalan (*green lost*) atau lampu hijau yang terlalu pendek dibandingkan dengan jumlah kendaraan yang berhenti.

3.3 Perumusan Masalah

Untuk bisa menyelesaikan masalah, maka perlu diidentifikasi apakah keadaan trafik jam normal dengan jam sibuk apakah sama dan bagaimana mengoptimasi aliran lalu lintas serta bagaimana hasil algoritma optimasi aliran trafik jika dibandingkan dengan hasil pengamatan.

3.4 Kajian Literatur

Kajian literatur dalam penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan informasi perkembangan ilmu yang terkait dengan optimasi aliran trafik dan untuk mendapatkan dasar untuk mengembangkan ilmu dalam penelitian ini.

3.5 Pengumpulan Data

Sebagian besar data dalam penelitian ini adalah data primer, yang dikumpulkan secara langsung melalui pengamatan di lapangan. Hanya ada 1 data sekunder yang digunakan, yaitu rata-rata panjang kendaraan yang telah ditetapkan oleh Bina Marga, sebagai lembaga yang mempunyai kewenangan untuk mengatur dimensi kendaraan di Indonesia.

3.6 Pengolahan Data

Langkah awal dalam pengolahan data adalah menghitung lama waktu hijau yang diputuskan untuk setiap ruas jalan. Kemudian pengolahan data dilanjutkan dengan membangun algoritma untuk meminimumkan jumlah kendaraan berhenti di setiap persimpangan yang diamati, baik ketika jam normal maupun jam sibuk.

3.7 Analisis Hasil

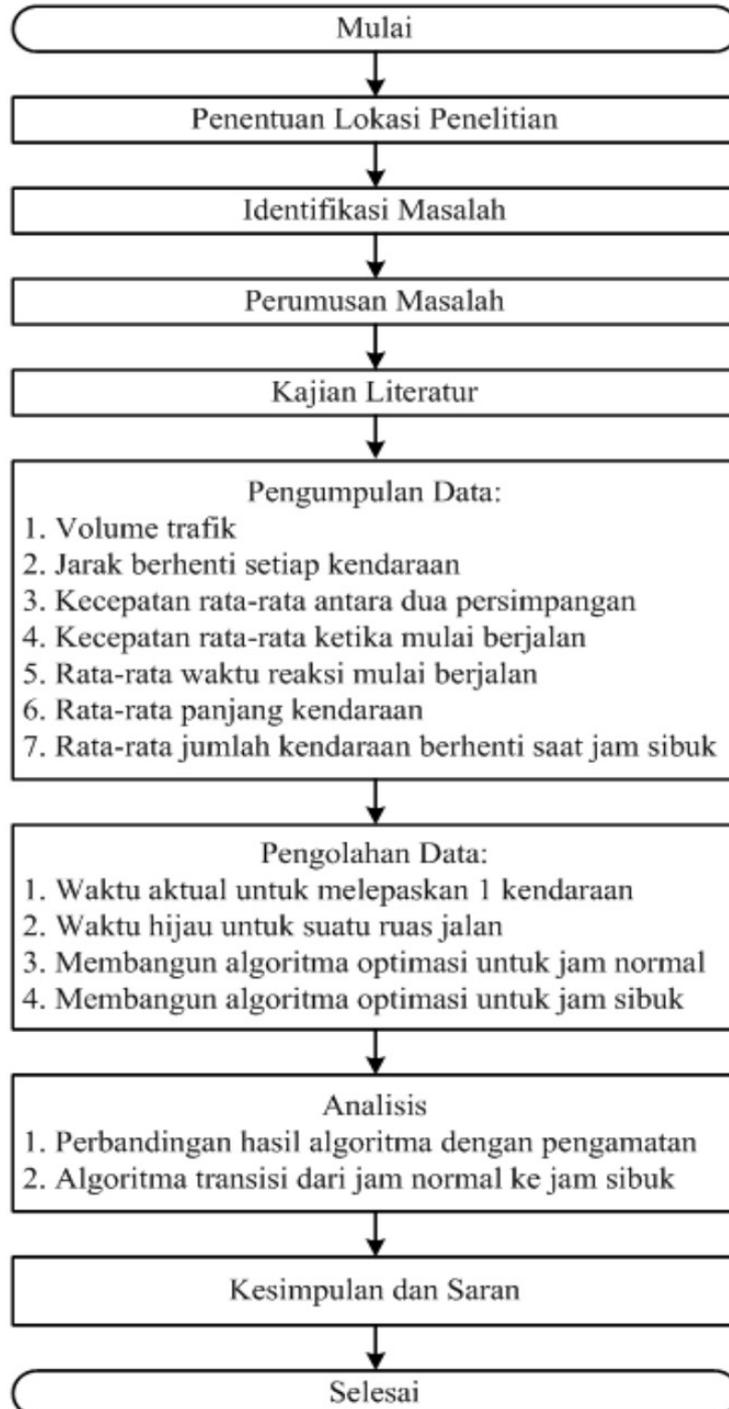
Analisis dilakukan untuk membandingkan hasil algoritma yang diusulkan dengan kebutuhan yang sebenarnya yang terjadi di lokasi penelitian. Selain itu, analisis untuk membangun suatu algoritma bagi penelitian berikutnya juga dikemukakan.

3.8 Kesimpulan Dan Saran

Langkah akhir dari penelitian ini adalah penarikan kesimpulan dan pengajuan saran bagi penelitian berikutnya untuk memperbaiki penelitian ini.

3.9 Diagram Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti diagram alir seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Algoritma optimasi yang dibangun dalam penelitian ini adalah algoritma untuk meminimalkan waktu berhenti kendaraan dengan menentukan pecahan waktu hijau di setiap persimpangan. Sehingga, data-data yang diperlukan adalah volume trafik, jarak berhenti setiap kendaraan, kecepatan rata-rata kendaraan di antara dua persimpangan, kecepatan rata-rata kendaraan ketika bereaksi untuk berjalan ketika lampu hijau menyala, rata-rata waktu reaksi pengemudi ketika lampu hijau menyala, rata-rata panjang kendaraan dan rata-rata jumlah kendaraan berhenti ketika jam sibuk. Pengambilan data dilakukan dengan observasi, di Simpang Tiga, Jl. Kaliurang KM 14 dan Simpang Tiga, Jl. Kaliurang KM 13.5, Sleman, Yogyakarta.

4.1.1 Volume Trafik

Data volume trafik diambil selama 1 minggu, dan hasilnya seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.1. Volume trafik diklasifikasikan menjadi dua, yaitu volume rendah, yaitu di bawah 500 kendaraan per jam dan di atas 500 kendaraan per jam.

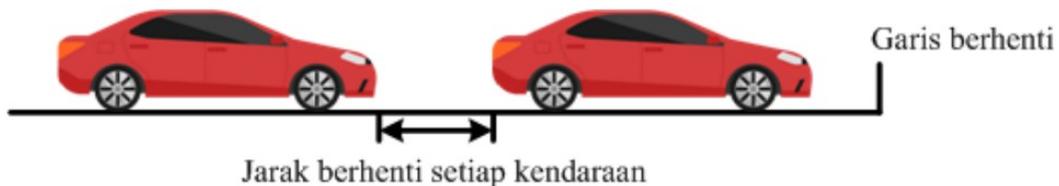
Tabel 4.1 Data volume trafik

Jam	Volume Trafik < 500	Volume Trafik ≥ 500
06:00-08:00		√
08:00-11:00	√	
11:00-13:00		√
13:00-15:00	√	
15:00-17:00		√
17:00-19:00	√	
19:00-22:00		√
22:00-06:00	√	

Pada jam dengan volume trafik di bawah 500 kendaraan, maka jam tersebut disebut sebagai jam normal, sedangkan jam dengan volume di atas 500 kendaraan, maka jam tersebut disebut sebagai jam sibuk.

4.1.2 Jarak Berhenti Setiap Kendaraan

Jarak berhenti setiap kendaraan akan mempengaruhi lama waktu hijau untuk melepaskan kendaraan yang berhenti di suatu persimpangan. Gambar 4.1 menunjukkan jarak berhenti setiap kendaraan, yang datanya diambil ketika mobil berhenti di suatu persimpangan. Rata-rata jarak berhenti setiap kendaraan adalah sekitar 80 sentimeter.



Gambar 4.1 Jarak berhenti setiap kendaraan di suatu persimpangan

4.1.3 Kecepatan Rata-Rata di Antara Dua Persimpangan

Data kecepatan rata-rata di dua persimpangan tempat penelitian dilakukan dengan mengendarai mobil dalam suatu kelompok mobil (*platoon*) yang berjalan di antara dua persimpangan tempat penelitian. Percobaan pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali di setiap pembagian waktu. Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengambilan data kecepatan kendaraan di antara dua persimpangan tempat penelitian yang diukur dalam satuan KM/Jam.

Tabel 4.2 Data kecepatan di antara dua persimpangan tempat penelitian

Jam	Percobaan					Rata-Rata	Interval
	1	2	3	4	5		
06:00-08:00	50	45	50	55	50	50	10
08:00-11:00	70	70	60	55	70	65	15
11:00-13:00	45	45	40	50	50	46	10
13:00-15:00	75	70	65	60	65	67	15
15:00-17:00	45	50	50	45	50	48	5
17:00-19:00	40	60	70	80	50	60	40
19:00-22:00	50	60	60	60	65	59	15
22:00-06:00	Bervariasi tinggi					-	-

4.1.4 Kecepatan Rata-Rata Reaksi Untuk Berjalan

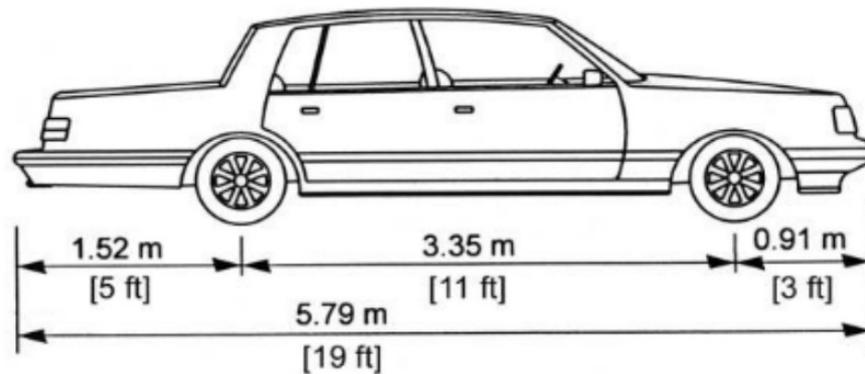
Data kecepatan rata-rata reaksi untuk berjalan ketika kendaraan berhenti di suatu persimpangan dan lampu hijau menyala dilakukan dengan mengendarai mobil dan berhenti di posisi pertama di belakang garis berhenti, di posisi ke 3 dan posisi ke 5. Kecepatan diambil ketika mobil mulai berjalan sampai lepas dari garis berhenti. Hasil pengambilan data menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata reaksi untuk berjalan adalah 20 KM/Jam.

4.1.5 Waktu Reaksi Pengendara Ketika Mulai Berjalan

Waktu reaksi pengendara ketika lampu hijau menyala sampai mobil berjalan diambil menggunakan *stopwatch* di setiap ruas persimpangan tempat penelitian. Data diambil sebanyak 30 kali di setiap ruas jalan dan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pengambilan data dilakukan dengan cara menghidupkan *stopwatch* bersamaan dengan lampu hijau di ruas tersebut menyala dan *stopwatch* akan dimatikan ketika kendaraan berhenti di urutan pertama mulai berjalan. Rata-rata waktu reaksi pengendara ketika mulai berjalan adalah 3 detik.

4.1.6 Rata-Rata Panjang Kendaraan

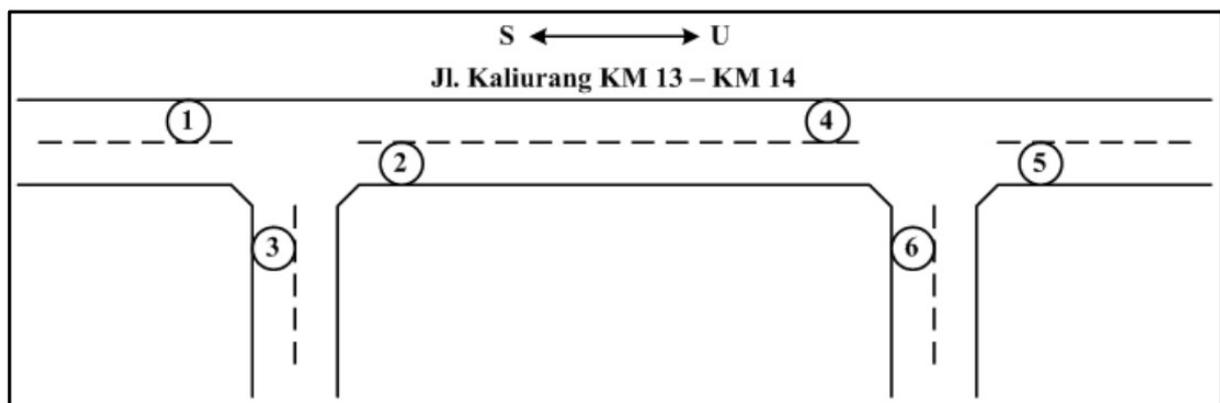
Berdasarkan pengamatan, kebanyakan kendaraan yang melewati jalan di antara dua persimpangan adalah kendaraan keluarga biasa. Sehingga, rata-rata panjang kendaraan yang digunakan dalam penelitian ini adalah standar panjang kendaraan yang digunakan Bina Marga, yaitu 5,8 meter, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Standar panjang kendaraan yang digunakan Bina Marga

4.1.7 Rata-Rata Jumlah Kendaraan Berhenti Saat Jam Sibuk

Rata-rata jumlah kendaraan berhenti di setiap ruas jalan perlu diambil untuk menentukan lama maksimum waktu hijau yang akan diberikan saat waktu sibuk. Gambar 4.3 menunjukkan posisi ruas jalan pengambilan data jumlah kendaraan berhenti dan Tabel 4.3 menunjukkan data rata-rata jumlah kendaraan berhenti saat jam sibuk.



Gambar 4.3 Posisi ruas jalan pengambilan data jumlah kendaraan berhenti

Tabel 4.3 Data rata-rata jumlah kendaraan berhenti saat jam sibuk di setiap ruas jalan

Jam	Ruas Jalan					
	1	2	3	4	5	6
06:00-08:00	8	14	13	6	16	11
11:00-13:00	9	12	9	9	13	9
15:00-17:00	13	9	9	15	8	7

4.2 Pengolahan Data

Dari Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa terdapat dua kondisi trafik di tempat penelitian, yaitu kondisi trafik normal dan kondisi trafik sibuk. Sehingga, dalam penelitian ini, akan dibangun dua algoritma untuk meminimasi jumlah kendaraan berhenti, yaitu algoritma untuk meminimasi jumlah kendaraan berhenti saat jam normal dan algoritma untuk meminimasi jumlah kendaraan berhenti saat jam sibuk. Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem kontrol lampu trafik belum menggunakan sensor untuk mendeteksi jumlah kendaraan yang sebenarnya. Sehingga, lama waktu hijau didasarkan atas perhitungan data yang terkumpul secara *offline*. Langkah pertama yang diperlukan untuk kedua algoritma adalah menentukan waktu yang diperlukan untuk melepaskan semaksimal mungkin kendaraan yang berhenti di suatu ruas jalan. Dalam penelitian ini, diusulkan sebuah algoritma, bahwa lama waktu hijau suatu ruas jalan merupakan nilai minimal antara maksimum waktu hijau yang bisa ditoleransi dari suatu ruas jalan dengan lama waktu hijau untuk melepaskan semua kendaraan. Untuk melepaskan semua kendaraan, dengan memperhatikan waktu reaksi pengemudi, kecepatan reaksi pengemudi, jarak berhenti setiap kendaraan, rata-rata panjang kendaraan dan rata-rata jumlah kendaraan berhenti, maka rumus yang diajukan untuk menentukan lama waktu hijau adalah seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan 4.1. Sedangkan Persamaan 4.2 menunjukkan waktu hijau yang diputuskan untuk suatu ruas jalan.

$$\begin{aligned}
 t1 &= \frac{JL}{vr} \\
 JL &= rp + jb \\
 ta &= (t1 \times kb) + tr
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

dimana:

- $t1$: waktu yang diperlukan untuk melepaskan 1 kendaraan
- JL : jarak tempuh 1 kendaraan untuk lepas dari garis berhenti
- vr : kecepatan rata-rata kendaraan ketika bereaksi untuk berjalan
- rp : rata-rata panjang kendaraan
- jb : rata-rata jarak berhenti antar kendaraan
- ta : waktu aktual yang diperlukan untuk melepaskan semua kendaraan
- kb : rata-rata jumlah kendaraan berhenti di suatu ruas saat jam sibuk
- tr : waktu reaksi pengemudi ketika mulai jalan

$$t = \min (\max t; ta) \quad (4.2)$$

dimana:

t : waktu hijau untuk suatu ruas jalan

$\max t$: waktu hijau maksimal yang masih ditoleransi untuk suatu ruas jalan

Dari Persamaan 4.2 di atas, $\max t$ digunakan untuk mengantisipasi waktu hijau yang terlalu lama untuk suatu ruas jalan ketika jumlah kendaraan berhenti terlalu banyak, karena akan mengakibatkan jumlah kendaraan berhenti di ruas jalan lain akan terlalu panjang.

4.2.1 Algoritma Untuk Jam Normal

Pada saat jam normal, algoritma penentuan waktu hijau akan diputuskan berdasarkan prosentase waktu aktual dengan waktu siklus (CT) suatu persimpangan. Pada saat jam normal, kedua persimpangan akan dioptimumkan secara terpisah, tidak perlu koordinasi aliran trafik. Sehingga, algoritma untuk meminimasi jumlah kendaraan berhenti untuk jam normal adalah sebagai berikut:

Langkah 1 : Baca data jam dari sistem kontrol untuk memastikan bukan jam sibuk

Langkah 2 : Jika fase = 1 maka lanjut ke Langkah 3, jika fase \neq 1, maka ke Langkah 5

Langkah 3 : Baca data CT untuk jam saat ini

Langkah 3 : Hitung t untuk semua fase

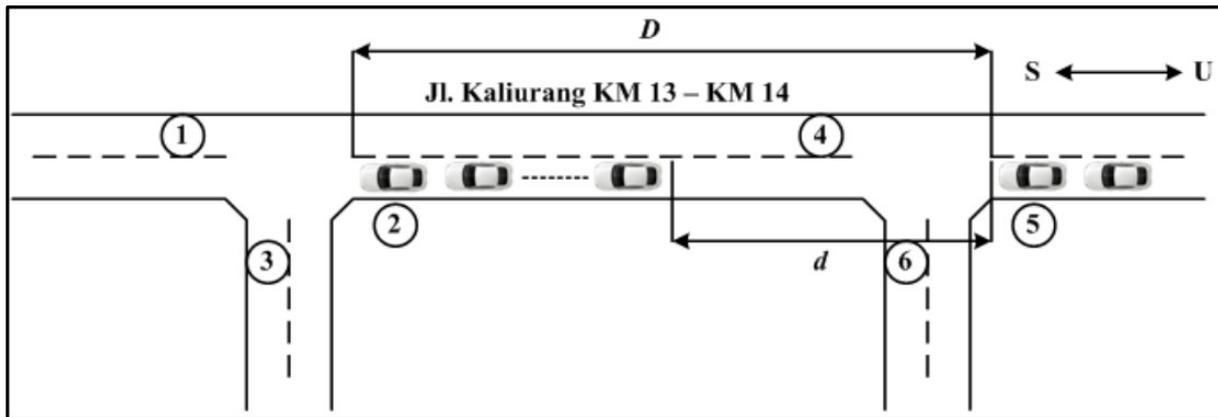
Langkah 4 : Hitung total waktu untuk semua fase, $T = \sum_{i=1}^F t_i$, dengan i adalah indeks fase dan F adalah jumlah fase.

Langkah 5 : Tentukan waktu hijau yang diputuskan untuk fase sekarang dengan rumus:

$$t_f = \frac{t}{T} \times CT, \text{ dengan } t_f \text{ adalah waktu yang diputuskan untuk fase sekarang.}$$

4.2.2 Algoritma Untuk Jam Sibuk

Pada saat jam sibuk, maka kedua persimpangan harus dikoordinasikan untuk memberikan gelombang hijau (*green wave*) pada kendaraan yang melewati kedua persimpangan. Dalam penelitian ini, gelombang hijau akan diberikan untuk aliran trafik dari utara ke selatan saja. Gelombang hijau diberikan dengan mengatur selisih mulainya lampu hijau di fase 1 di kedua persimpangan, seperti yang dijelaskan menggunakan Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Jarak tempuh untuk memberikan gelombang hijau

Waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak d dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.3 berikut.

$$d = D - ((rp + jb) \times kb)$$

$$td = \frac{d}{v_t} \quad (4.3)$$

Dimana:

- d : jarak untuk memberikan gelombang hijau
- v_t : kecepatan rata-rata pada saat t
- td : waktu untuk menempuh d

Sehingga, algoritma untuk meminimalkan waktu berhenti kendaraan pada saat jam sibuk adalah sebagai berikut:

- Langkah 1 : Baca data jam dari sistem kontrol untuk memastikan sudah masuk jam sibuk.
- Langkah 2 : Set CT Bersama = $\max(CT_{utara}, CT_{selatan})$
- Langkah 3 : Set fase 1 untuk persimpangan utara adalah untuk ruas jalan nomor 5.
- Langkah 4 : Set fase 1 untuk persimpangan selatan adalah untuk ruas jalan nomor 2.
- Langkah 5 : Cek saat mulai lampu hijau fase terakhir (fase 3) persimpangan selatan ($SS3$).
- Langkah 6 : Cek saat mulai lampu hijau fase 1 persimpangan utara ($SU1$)
- Langkah 7 : Hitung selisih $SS3$ dengan $SU1$, $SL = SS3 - SU1$, dengan SL = selisih antara $SS3$ dengan $SU1$.
- Langkah 8 : Kurangi $t2$ di persimpangan selatan dengan SL .

Dengan algoritma di atas, maka selisih mulainya fase 1 persimpangan utara dan fase 1 persimpangan selatan adalah td , sehingga saat kelompok kendaraan dari utara berjalan menuju persimpangan selatan selama td , maka fase 1 persimpangan selatan akan mulai hijau. Ini akan membuat kelompok kendaraan yang berjalan dari persimpangan utara tidak perlu berhenti di persimpangan selatan.

BAB V

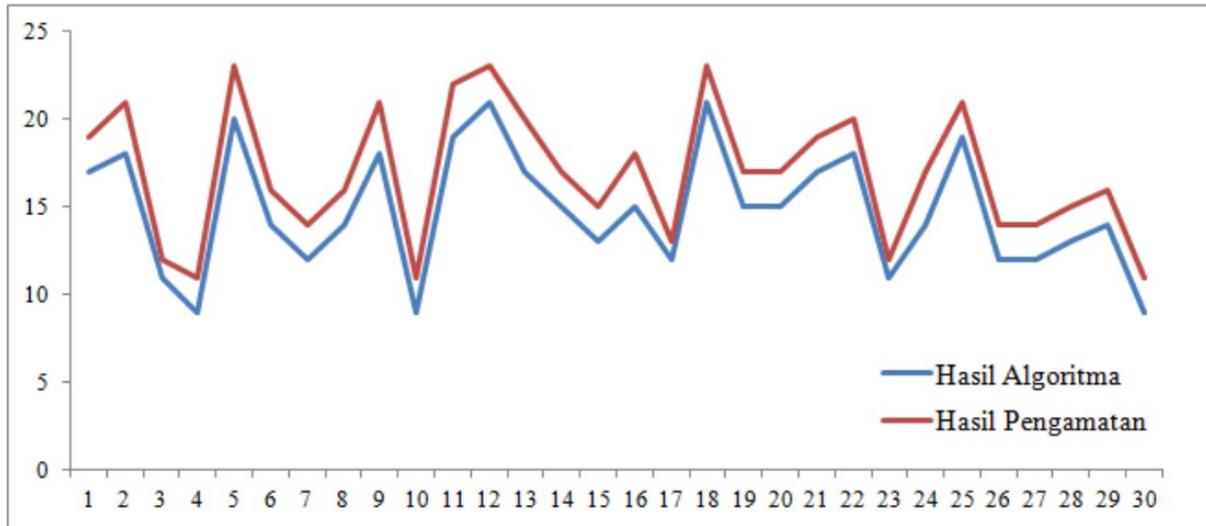
PEMBAHASAN

5.1 Perbandingan Hasil Algoritma dengan Kondisi Nyata

Pada bab ini akan dibahas perbandingan antara hasil algoritma yang dibangun dengan kondisi nyata. Perbandingan hanya dilakukan pada lama waktu hijau yang dihasilkan oleh algoritma yang dibangun dengan lama waktu hijau yang sebenarnya untuk melepaskan sejumlah kendaraan yang berhenti di suatu persimpangan. Tabel 5.1 menunjukkan hasil perbandingan tersebut untuk 30 kali pengamatan di kedua persimpangan. Gambar 5.1 menunjukkan perbandingan hasil tersebut dalam bentuk grafik.

Tabel 5.1 Perbandingan waktu hijau hasil algoritma yang diusulkan dengan hasil pengamatan

No	Jumlah Kendaraan Berhenti	Waktu Hijau Hasil Algoritma	Waktu Hijau Hasil Pengamatan	No	Jumlah Kendaraan Berhenti	Waktu Hijau Hasil Algoritma	Waktu Hijau Hasil Pengamatan
1	11	17	19	16	10	15	17
2	12	18	20	17	7	12	14
3	6	11	13	18	15	21	24
4	5	9	11	19	10	15	17
5	14	20	22	20	10	15	17
6	9	14	16	21	11	17	19
7	7	12	14	22	12	18	20
8	9	14	16	23	6	11	13
9	12	18	20	24	9	14	17
10	5	9	11	25	13	19	22
11	13	19	22	26	7	12	14
12	15	21	24	27	7	12	14
13	11	17	19	28	8	13	15
14	10	15	18	29	9	14	16
15	8	13	15	30	5	9	11



Gambar 5.1 Perbandingan antara hasil algoritma yang diusulkan dengan hasil pengamatan

Dari Gambar 5.1 di atas, dapat dikatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan waktu hijau hasil algoritma yang diusulkan dengan waktu hijau pada hasil pengamatan.

5.2 Algoritma Transisi dari Jam Normal ke Jam Sibuk

Penelitian ini mengusulkan dua algoritma untuk meminimasi jumlah kendaraan berhenti di setiap persimpangan, yaitu saat jam normal dan jam sibuk. Namun demikian, dari hasil pengamatan, masih diperlukan algoritma tambahan yaitu saat transisi dari jam normal ke jam sibuk. Algoritma yang diusulkan saat jam sibuk memerlukan beberapa batasan, yaitu kesamaan CT dan saat mulainya fase 1 di kedua persimpangan. Sedangkan algoritma saat jam normal tidak memerlukan batasan kesamaan CT dan saat mulainya fase 1 di kedua persimpangan. Sehingga, diperlukan sebuah algoritma lagi agar batasan dalam algoritma saat jam sibuk dapat berjalan dengan baik.

Algoritma transisi yang seharusnya dibuat adalah untuk menyesuaikan lama waktu hijau di semua fase secara gradual agar selisih saat mulai fase 1 di kedua persimpangan adalah sama dengan SL . Dalam algoritma yang diusulkan, sebenarnya hal ini sudah dibahas, namun, transisi masih dibuat ekstrim, yaitu langsung mengurangi lama waktu hijau untuk fase 2 persimpangan selatan dengan SL . Ketika SL bernilai cukup besar, maka pengurangan ekstrim ini akan berakibat lama waktu hijau fase 2 persimpangan selatan akan menjadi sangat singkat. Walaupun ini terjadi hanya sekali, namun berpotensi membuat jumlah kendaraan yang berhenti di fase 2 persimpangan selatan menjadi mendadak sangat panjang.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

- a. Pola aliran lalu lintas saat jam normal dengan jam sibuk adalah berbeda, sehingga memerlukan algoritma yang berbeda untuk meminimasi jumlah kendaraan berhenti di semua persimpangan.
- b. Hasil algoritma yang diusulkan tidak berbeda secara signifikan dengan hasil pengamatan di lapangan.

6.2 Saran

Saran yang dapat dikemukakan dalam penelitian ini adalah bagi penelitian berikutnya:

- a. Membuat algoritma transisi agar kedua algoritma dapat berjalan dengan perpindahan yang halus, tidak ada perubahan ekstrim dalam pewaktuan lampu hijau di kedua persimpangan.
- b. Membuat sistem kontrol lampu lalu lintas yang dapat mengaplikasikan algoritma yang telah dibangun, sehingga penelitian ini dapat diaplikasikan dalam sistem lalu lintas yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adria, A. (2011). *Perancangan Pengontrolan Traffic Light Otomatis*. Jurnal Rekayasa Elektrika, 9(3), 126-131.
- aygin, C., & Kahraman, F. (2004). "A Web-Based Programmable Logic Controller Laboratory for Manufacturing Engineering Education. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol.24, 590-598.
- Bishop, Owen 2004, Dasar-Dasar Elektronika, Erlangga, Jakarta
- Brianorman, Y., Cesardarmantya, H., & Triyanto, D. 2013. *Prototype Lampu Lalu Lintas Berbasis PLC Berdasarkan Panjang Antrian Kendaraan Pada Perempatan Jalan*. Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura, 1(2).
- Giyartono, A., & Kresnha, P. E. (2015). Aplikasi Android Pengendali Lampu Rumah Berbasis Mikrokontroler ATmega328. *Seminar Sains dan Teknologi*, 1-9.
- Imran, O., Martinus, & Sugiyanto. (2013). Pembuatan Sistem Otomasi Dispenser Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal FEMA*, Vol.1 No.2.
- Maniswari, D. (2015). Smart Traffic Light Menggunakan Image Procecing dan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional*, Vol.1.
- McLeod, Raymond. 2001. Sistem Informasi Manajemen. PT. Prenhallindo. Jakarta.
- Prasetyo, H., & Sutisna, U. 2014. *Implementasi Algoritma Logika Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Menggunakan Mikrokontroler*. TECHNO (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto), 15(2), 01-08.
- Pressman, R. S. (2002). *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi*. Yogyakarta.
- Purnomo, M.R.A. 2011. *Development of Intelligent Distributed Traffic Control System*. Doctoral Thesis. Universiti Kebangsaan Malaysia. Malaysia.
- Rambe, S, M, Amri, dan N, L Marpaung. 2016. "*Perancangan Software Interface Pengendalian Lampu Lalu Lintas Simpang Lima Berbasis Mikrokontroler*". Universitas Riau, Pekanbaru.
- Santos, P. L. C. T., Monteiro, P. A. A., Studic, M., & Majumdar, A. 2017. *A methodology used for the development of an Air Traffic Management functional system architecture*. Reliability Engineering & System Safety, 165, 445-457.
- Sastry, M., & Seekumar, L. (2012). Automation Of Real Time Monitoring And Controlling Of A Marine Loading Arm. *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol. 10, 217-227.
- Statistik. B. P., Statistik Transportasi Darat. 2017.

- Sutomo, B. (2015). Pemodelan Sistem Kontrol Traffic Light Berdasarkan Kepadatan Kendaraan Dengan Teknik EDGE Detection dan Logika Fuzzy. *Jurnal Informatika*, Vol.15, No.2.
- Swamardika, A. (2005). Simulasi Kontrol Lampu Lalu Lintas Sistem Detektor dengan Menggunakan PLC untuk Persimpangan jalan Waribag-WR.Supratman Denpasar. *Jurnal Teknologi Elektro*, Vol.4 No.2.
- Syahrul. 2013. "*Mikrokontroler AVR ATMEGA8535*". Informatika, Bandung.
- Wahyudi, E., & Permanasari, D. (2012). Perancangan Miniatur Traffic Light Dengan Mempergunakan Pengendali Port Paralel. *Jurnal Telekomunikasi*.
- Yudanto, A. Y., Apriyadi, M., & Sanjaya, K. (2013). Optimalisasi Lampu Lalu Lintas dengan Fuzzy Logic. *Jurnal ULTIMATICS*, Vol. V, No. 2.
- Zulfikar, Tarmizi, dan A Adria. 2011. "*Perancangan Pengontrolan Traffic Light Otomatis*". Universitas Syiah Kuala Lumpur, Malaysia.
- Zulfikar, Tarmizi, dan Oktavina. 2015. "*Desain Sistem kontrol Adaptif Pada Persimpangan Empat Berbasis PLC Siemens*". Universitas Syiah Kuala Lumpur, Malaysia.