

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu penyebab dasar masalah transportasi di kota Parepare adalah meningkatnya pertumbuhan dan perekonomian penduduk. Dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan diimbangi dengan pesatnya pertumbuhan perekonomian kota, maka akan semakin besar pergerakan dan aktifitas penduduk. Inilah yang menyebabkan kebutuhan akan transportasi semakin besar dan mengakibatkan penambahan jumlah kendaraan yang semakin banyak.

Hal ini harus diimbangi dengan penambahan atau pelebaran ruas jalan dan kapasitas jalan. Namun untuk melakukan penambahan atau pelebaran ruas jalan masih jadi kendala, terutama untuk kasus dipersimpangan. Persimpangan adalah tempat konsentrasi konflik lalu lintas yang akan berpengaruh terhadap system lalu lintas secara keseluruhan. Berbagai upaya sudah dilakukan seperti menempatkan beberapa petugas kepolisian, membatasi pergerakan kendaraan, dan menggunakan lampu lalu lintas.

Panjangnya antrian dan tundaan yang tinggi menyebabkan masalah kemacetan pada persimpangan ruas jalan Jend. Ahmad Yani – ruas jalan Jend. Sudirman. Pengaturan lampu lalu lintas yang dioperasikan saat ini belum dapat mengatasi kemacetan yang sering terjadi terutama pada jam-jam sibuk (*peak hour*). Panjangnya antrian disuatu persimpangan tersebut dipengaruhi oleh

beberapa variabel seperti volume lalu lintas yang padat, kedatangan kendaraan dari berbagai arah bertemu dan kondisi jalan yang relative sempit sehingga belum mampu menampung volume kendaraan yang tergolong padat.

Terlebih lagi dengan adanya aktifitas pada pendekat simpang seperti angkutan umum yang berhenti untuk menaikkan atau menurunkan penumpang serta terdapat simpang terdekat dengan jarak 55 meter tanpa sinyal lalu lintas. Dengan kondisi seperti ini, kendaraan yang sudah melewati dan ingin melewati simpang seringkali tertahan akibat adanya kendaraan yang keluar atau masuk disimpang terdekat, sehingga pada fase hijau berikutnya masih terjadi antrian kendaraan.

Variabel utama yang perlu diperhatikan adalah pembagian arus, penentuan urutan pergerakan, penentuan waktu siklus, dan waktu nyala hijau. Pengaturan lampu lalu lintas disuatu persimpangan yang kurang tepat dapat mengganggu kelancaran sistem lalu lintas secara keseluruhan. Meskipun dibeberapa persimpangan terbentuknya panjang antrian sudah tidak dapat dihindari,

Guna mengatasi kemacetan ini sebaiknya dilakukan evaluasi kembali penentuan fase yang sudah ada pada persimpangan tersebut. Evaluasi ini sangat diperlukan karena volume kendaraan pada saat penentuan fase yang terdahulu tentunya berbeda dengan volume kendaraan yang ada sekarang ini. Sehingga dari studi ini diharapkan fase yang diperoleh dapat mengatasi kemacetan di setiap lengan persimpangan.

Penentuan fase yang optimum berpengaruh besar dalam meningkatkan kapasitas persimpangan dan sedapat mungkin menghindari terjadinya konflik-konflik lalu-lintas, sehingga diperoleh kelancaran, kenyamanan dan keselamatan bagi kendaraan yang akan melintasi persimpangan ini.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana Menentukan suatu sistem pengaturan lampu lalu-lintas yakni penentuan fase yang optimum pada persimpangan sehingga dapat meningkatkan kapasitas persimpangan.?
2. Bagaimana Mengurangi panjang antrian serta tundaan yang terjadi pada setiap lengan persimpangan pada saat jam puncak.?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan sistem pengaturan lampu lalu-lintas, termasuk menentukan fase yang optimum pada persimpangan untuk meningkatkan kapasitas persimpangan
2. Mengurangi panjang antrian serta tundaan yang terjadi pada setiap lengan persimpangan pada saat jam puncak.

D. Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini lebih terarah, pembatasan masalah penelitian dibatasi dengan adanya kriteria yang digunakan dalam memilih lokasi penelitian, yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) atau lampu lalu lintas yang berupa *traffic light* pada persimpangan jalan Jend.Ahmad Yani – jalan jend.Sudirman kota Parepare.
2. Penelitian dilakukan pada faktor-faktor yang berpengaruh terhadap tingkat efektivitas lampu lalu lintas, yaitu
 - a. Kondisi lampu lalu lintas
 - b. Kondisi lalu lintas menyangkut kepadatan lalu lintas
 - c. Aspek keselamatan, keamanan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas, yang menyangkut tingkat kecelakaan, kemacetan lalu lintas, panjang antrian dan tundaan lalu lintas.
3. Arus lalu lintas yang dihitung pada persimpangan dengan cara manual mewakili: Kendaraan Ringan (LV), Kendaraan Berat (HV), Kendaraan Bermotor (MC), dan Kendaraan Tidak Bermotor (UM).

E. Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi pihak-pihak yang berkepentingan untuk menentukan kebijakan program pembangunan tata ruang wilayah Kota Parepare
2. Memberikan sumbangan pemikiran dalam perencanaan wilayah khususnya perencanaan lalu lintas dan manajemennya bagi Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (DLLAJ) Kota Parepare.
3. Dari penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah dan pengembangan ilmu terutama dalam hubungannya dengan transportasi. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan referensi penelitian yang sejenis agar berkesinambungan

BAB II

Tinjauan Pustaka

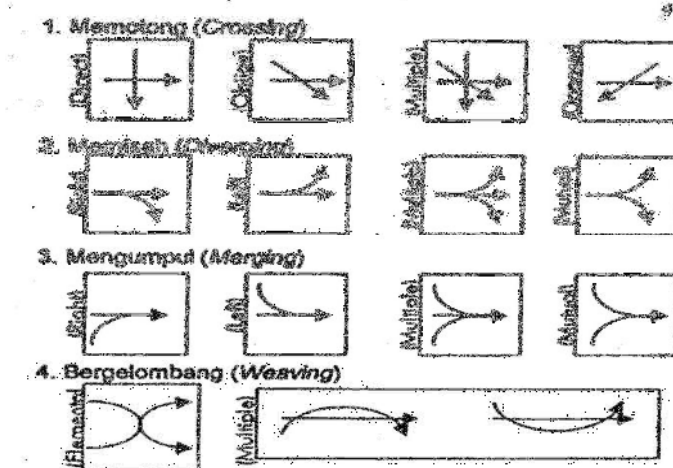
A. Persimpangan

1. Definisi persimpangan

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari jalan. Ketika berkendara di dalam kota, orang dapat melihat bahwa kebanyakan jalan di daerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan. Di mana pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau berbelok dan berpindah ke jalan lain. Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan di mana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya

Pergerakan dan Konflik Pada persimpangan khususnya persimpangan sebidang terdapat 4 jenis pergerakan arus lalu lintas yang dapat menimbulkan konflik, yaitu:

1. Memotong (*crossing*)
2. Memisah (*diverging*)
3. Mengumpul (*merging*)
4. Bergelombang (*weaving*)



Sumber : *Guide Traffic Engineering Practice : Intersection at grade*, NAASRA, 1988

Gambar 1. Arus Lalu lintas yang Dapat Menimbulkan Konflik

2. Lalu lintas

Ketentuan mengenai lalu lintas diatur dalam Bab VI UU Nomor 14 Tahun 1992 yang pada hakekatnya mengatur interaksi dinamis antara subyek yaitu pemakai jalan dan masyarakat serta Pemerintah dengan obyek yang berupa prasarana dan kendaraan, sehingga jelas hak dan kewajibannya masing-masing.

Dalam Pasal 22, diatur penetapan ketentuan-ketentuan lalu lintas dalam peraturan pemerintah Untuk keperluan lebih menjamin keselamatan, keamanan, Kelancaran dan ketertiban lalu lintas dan angkutan jalan. Beberapa ketentuan dimaksud adalah :

a. Rekayasa lalu Lintas

Pengertian rekayasa lalu lintas meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan dan pemeliharaan fasilitas kelengkapan jalan serta rambu-rambu lalu lintas, marka jalan, lampu lalu lintas dan fasilitas keselamatan lalu lintas

b. Manajemen lalu Lintas

Sedangkan pengertian manajemen lalu lintas adalah meliputi kegiatan perencanaan, pengaturan, pengawasan dan pengendalian lalu lintas yang bertujuan untuk keselamatan, keamanan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas.

3. Manajemen dan rekayasa lalu lintas

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 43 tahun 1993 pasal 2, manajemen lalu lintas meliputi kegiatan :

a. Perencanaan lalu Lintas yang meliputi kegiatan :

1. Inventarisasi dan evaluasi tingkat pelayanan;
2. Penetapan tingkat pelayanan yang diinginkan;
3. Penetapan pemecahan permasalahan lalu lintas;
4. Penyusunan rencana dan program pelaksanaan perwujudannya.

b. Pengaturan lalu Lintas yang meliputi kegiatan penetapan kebijaksanaan lalu lintas pada jaringan atau ruas-ruas jalan tertentu.

c. Pengawasan lalu lintas yang meliputi kegiatan :

1. Pemantauan dan penilaian terhadap pelaksanaan kebijaksanaan lalu lintas;
2. Tindakan korektif terhadap pelaksanaan kebijaksanaan lalu lintas.

d. Pengendalian lalu lintas yang meliputi kegiatan :

1. Pemberian arahan dan petunjuk dalam pelaksanaan kebijaksanaan;
2. Pemberian bimbingan dan penyuluhan kepada masyarakat mengenai hak dan kewajiban masyarakat dalam pelaksanaan kebijaksanaan lalu lintas.

Untuk mewujudkan tujuan manajemen lalu lintas sebagaimana dimaksud diatas, diperlukan dukungan perangkat keras sehingga diperlukan rekayasa lalu lintas yang meliputi kegiatan antara lain :

a. Perencanaan yang meliputi kegiatan :

1. Kebutuhan : memuat jumlah jenis perlengkapan pada setiap lokasi;
2. Pengadaan : memuat alokasi pengadaan dan distribusi;
3. Pemasangan : memuat jadwal pemasangan;
4. Pemeliharaan : memuat kegiatan rutin pemeliharaan seluruh perlengkapan jalan;
5. Penyusunan program perwujudannya merupakan program menyeluruh baik rencana kegiatan maupun keuangan.

b. Pelaksanaan program meliputi kegiatan pengadaan, Pemasangan dari pemeliharaan serta penghapusan.

Pada dasarnya, manajemen lalu lintas adalah merupakan suatu perencanaan transportasi jangka pendek (*operational planning*). Manajemen lalu lintas berhadapan dengan arus lalu lintas dan prasarana yang ada, serta bagaimana mengorganisasikannya agar dapat mencapai unjuk kerja secara keseluruhan yang terbaik.

Tujuan pokok dari manajemen lalu lintas adalah memaksimumkan penggunaan sistem jalan yang ada dan meningkatkan keamanan jalan tanpa merusak kualitas lingkungan. Konsep penanganan pada manajemen lalu lintas berbasis pada konsep *low cost improvement* dengan time horizon jangka pendek,

sehingga manajemen lalu lintas adalah suatu strategi yang sangat tepat untuk diterapkan pada perencanaan operasional yang mendesak.

Dalam melakukan identifikasi masalah pada suatu skema manajemen lalu lintas kriteria obyektif yang dipergunakan untuk mengevaluasi sistem diantaranya adalah : total waktu perjalanan, tingkat keselamatan, biaya perjalanan, kenyamanan, lingkungan dan konservasi energi.

Terdapat 3 (tiga) strategi umum dalam manajemen lalu lintas, dimana ketiganya tidak terpisahkan satu dengan lainnya, sebaliknya ketiganya dimungkinkan untuk dikombinasikan sebagai bagian dari skema penanganan manajemen lalu lintas. Adapun ketiga strategi yang dimaksud adalah Manajemen terhadap kapasitas, Manajemen prioritas dan Manajemen terhadap permintaan.

4. Kapasitas dan tingkat pelayanan

Dalam penganalisaan kapasitas, ada suatu prinsip dasar yang objektif yaitu perhitungan jumlah maksimum lalu lintas yang dapat ditampung oleh fasilitas yang ada, serta bagaimana kualitas operasional fasilitas tersebut didalam pemeliharaan serta peningkatan fasilitas itu sendiri yang tentunya akan sangat berguna di kemudian hari. Dalam merencanakan suatu fasilitas jalan kita jumpai suatu perencanaan agar fasilitas itu dapat mendekati kapasitasnya. Kapasitas dari suatu fasilitas akan menurun fungsinya jika diperlukan saat atau mendekati kapasitasnya.

Kriteria operasional dari suatu fasilitas diwujudkan dengan istilah tingkat pelayanan (*Level Of Service*), yaitu ukuran kualitatif yang digunakan di Highway Capacity Manual, 1985 dan menerangkan kondisi operasional dalam arus

lalulintas dan penilaiannya oleh pemakai jalan (pada umumnya dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, interupsi arus lalulintas, keenakan, kenyamanan, dan keselamatan). Setiap tipe fasilitas telah ditentukan suatu interfal dari kondisi operasional yang dihubungkan dengan jumlah lalulintas yang mampu ditampung disetiap tingkatan.

4.1. Kapasitas (*Capacity*)

Kapasitas yang diidentifikasi oleh Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997 sebagai arus lalulintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu pada kondisi jalan lalulintas dan kondisi pengendalian pada saat itu (misalnya: rencana geometrik, lingkungan, komposisi lalulintas, dsb; Biasanya dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam). Secara umum, kapasitas dijelaskan sebagai jumlah kendaraan dalam satu jam dimana orang atau kendaraan diperkirakan dapat melewati sebuah titik atau potongan lajur jalan yang seragam selama periode waktu tertentu.

Sedangkan, kapasitas lengan persimpangan adalah tingkat arus maksimum yang dapat melewati persimpangan melalui garis berhenti (*stop line*) dan menuju keluar tanpa mengalami tundaan pada arus lalulintas, keadaan jalan dan pengaturan lalulintas tertentu.

Dalam penganalisaan digunakan periode waktu selama 15 menit dengan mempertimbangkan waktu tersebut interval terpendek selama arus yang ada stabil. Pada perhitungan kapasitas harus ditetapkan bahwa kondisi yang ada seperti kondisi jalan, kondisi lalulintas dan sistem pengendalian tetap. Hal-hal yang terjadi yang membuat suatu perubahan dari kondisi yang ada

mengakibatkan terjadinya perubahan kapasitas pada fasilitas tersebut. Sangat dianjurkan dalam penentuan kapasitas, perkerasan dan cuaca dalam keadaan baik.

Dalam menentukan kapasitas, ada beberapa kondisi yang harus diperhitungkan, yaitu :

1. Kondisi jalan (*Roadway Condition*)

Kondisi ini berkaitan dengan karakteristik geometrik suatu jalan antara lain yaitu fasilitas, lingkungan yang terbina, jumlah lajur atau arah, bahu jalan (*shoulder*), lebar lajur, kebebasan lateral, kecepatan rencana, alinemen horizontal dan vertikal.

2. Kondisi lalu lintas (*Traffic Condition*)

Kondisi lalu lintas bergantung pada karakteristik lalu lintas yang menggunakan fasilitas lalu lintas tersebut antara lain yaitu pendistribusian tipe kendaraan, jumlah kendaraan dan pembagian lajur yang ada serta arah distribusi lalu lintas.

3. Kondisi Pengendalian (*Control Condition*)

Kondisi ini tergantung pada tipe dan rencana khusus dari alat pengendalian yaitu peraturan yang ada (peraturan lokal yang ada). Hal yang sangat mempengaruhi ini adalah lokasi, jenis dan waktu sinyal lalu lintas disamping tanda-tanda dan *yield* dari lajur yang digunakan serta lajur belok.

4.2. Tingkat pelayanan (*Level Of Service*)

Tingkat pelayanan menurut Highway Capacity Manual (HCM), 1985, adalah suatu pengukuran yang kualitatif yang menggambarkan kondisi

operasional dalam suatu aliran lalu lintas, dan persepsinya oleh pengendara atau penumpang.

Pada umumnya, tingkat pelayanan menjelaskan suatu kondisi yang dipengaruhi oleh kecepatan, waktu perjalanan, kebebasan untuk bergerak, gangguan lalu lintas, kenyamanan, kenikmatan dan keamanan.

Tingkat pelayanan dibagi atas tingkatan : A, B, C, D, E dan F. Pada kondisi operasional yang paling baik dari suatu fasilitas dinyatakan dengan tingkat pelayanan A, sedangkan untuk kondisi yang paling jelek dinyatakan dengan tingkat pelayanan F. Hubungan antara besarnya tundaan henti kendaraan (detik) dengan tingkat pelayanan dapat kita lihat pada tabel berikut :

Tabel.1 Kriteria tingkat pelayanan pada persimpangan bersinyal

Tingkat Pelayanan	Tundaan Henti Tiap kendaraan (detik)
A	$\leq 0,5$
B	5,1 – 15,0
C	15,1 – 25,0
D	25,1 – 40,0
E	40,1 – 60,0
F	$\geq 60,0$

Sumber : Highway Capacity Manual, 1985

5. Tipe-tipe fasilitas

Highway Capacity Manual, 1985 membuat suatu teknik penganalisaan yang mencakup suatu interval yang luas tentang fasilitas-fasilitas untuk jalan biasa (*street*), jalan raya (*highway*), fasilitas transit, fasilitas pejalan kaki dan fasilitas bagi sepeda.

Adapun fasilitas-fasilitas ini di kelompokkan atas 2 (dua) golongan yaitu :

1. Arus tak terganggu (*Uninterrupted Flow*)

Pada fasilitas ini tidak memiliki elemen-elemen yang tetap seperti tanda-tanda lalu lintas serta kondisi arus lalu lintas yang terjadi merupakan hasil interaksi antara kendaraan pada arus tersebut, geometrik dan karakteristik lingkungan pada jalan tersebut.

2. Arus terganggu (*Interrupted Flow*)

Pada fasilitas ini elemen tetap yang menyebabkan gangguan berkala terhadap arus lalu lintas seperti tanda-tanda lalu lintas, rambu-rambu jalan, tipe pengendalian pulau-pulau jalan, marka lalu lintas dan lain-lain yang sudah dimiliki.

Arus terganggu dan tidak terganggu diatas hanyalah merupakan suatu istilah yang menjelaskan fasilitas bukan kualitas arus lalu lintas pada waktu tertentu.

Bagi fasilitas terganggu pengaruh dari gangguan-gangguan tetap tersebut harus benar-benar diperhitungkan. Hal ini dapat kita lihat misalnya pada sebuah lampu lalu lintas, pembagian lama waktu harus disesuaikan dengan keadaan dari pergerakan arus lalu lintas yang terjadi di persimpangan. Pertimbangan dengan adanya elemen-elemen yang tetap seperti kondisi fisik lapangan belum cukup di dalam penentuan kapasitas tetapi masih diperlukan pertimbangan pengaturan pemakaian waktu yang tepat dan sesuai terhadap pergerakan arus lalu lintas dari persimpangan tersebut.

B. Pengendalian Persimpangan

1. Pengendalian persimpangan dengan APILL

Banyak bentuk kontrol lalu lintas yang dikembangkan untuk mengurangi jumlah konflik dan meningkatkan keamanan pada persimpangan jalan, tetapi yang jelas paling penting adalah lampu (sinyal) pengatur lalu lintas. Disamping kontrol ini mencegah arus berjalan terus, dengan mengatur kesempatan untuk kendaraan berjalan setelah dihentikan dengan urutan tertentu pada arus lalu lintas yang mengalami konflik, tetapi kontrol ini juga mempunyai keuntungan dibanding bentuk-bentuk kontrol persimpangan jalan lainnya, misalnya dibanding dengan bundaran dan pemisahan secara fisik, karena sistem lalu lintas tidak banyak memerlukan ruang. Jenis-jenis utama lampu lalu lintas dirancang untuk dioperasikan pada persimpangan-persimpangan jalan yang terpencil atau pada suatu control arah lalu lintas pada suatu jaringan jalan.

Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) adalah suatu perangkat peralatan teknis yang menggunakan isyarat lampu untuk mengatur lalu lintas di persimpangan atau pada ruas. Prinsip dasar dari persimpangan yang diatur dengan APILL ini adalah mengendalikan konflik yang terjadi pada suatu simpang dengan suatu isyarat lampu dengan cara mengatur pelepasan lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan. Keberhasilan dari pengendalian ini adalah berupa berkurangnya penundaan waktu untuk melalui persimpangan serta menurunnya angka kecelakaan pada persimpangan.

Fungsi utama lampu pengatur lalu lintas adalah mengurangi konflik-konflik yang terjadi pada persimpangan dengan menghentikan beberapa

pergerakan arus kendaraan dan pada saat bersamaan memberikan kesempatan bagi arus kendaraan lain untuk bergerak. Akibat dari pergerakan arus kendaraan yang berhenti akan menimbulkan tundaan bagi arus kendaraan di belakangnya, tetapi tundaan tersebut akan diimbangi dengan peningkatan kecepatan kendaraan-kendaraan yang bergerak melalui adanya pengurangan konflik. Dengan demikian tujuan pemakaian lampu pengatur lalu lintas adalah mengurangi tundaan dan panjang antrian sehingga dapat meningkatkan kapasitas persimpangan.

Ada dua Jenis sistem utama dalam pengoperasian sinyal lalu lintas yaitu sistem sinyal *fixed-time* dan *traffic responsive*. Sistem sinyal *fixed-time* merupakan sistem operasi sinyal yang menggunakan waktu siklus tetap, modifikasi dari waktu siklus tetap ini dapat di-*setting* untuk periode waktu tertentu seperti untuk simulasi harian, mingguan atau jam sibuk dari jam tidak sibuk. Sedangkan sistem sinyal *traffic responsive* merupakan sistem operasi sinyal yang menggunakan setting waktu siklus yang dapat berubah-ubah sesuai kondisi arus lalu lintas yang ada.

Baik sistem sinyal *fixed-time* maupun *traffic responsive* keduanya dapat dioperasikan secara terisolasi maupun terkoordinasi. Jika dioperasikan secara terisolasi maka suatu system sinyal tersebut berdiri sendiri untuk satu simpang saja, tetapi jika dioperasikan secara terkoordinasi, maka sistem sinyal tersebut saling terkait antara simpang yang satu dengan simpang yang lain dalam suatu sistem jaringan sinyal lalu lintas.

Sistem sinyal yang dioperasikan secara terisolasi memiliki waktu siklus yang berbeda-beda pada tiap simpangnya, sedangkan dalam sistem sinyal

terkoordinasi, semua sinyal dalam jaringan mempunyai waktu siklus yang sama atau setengah dari nilai waktu siklus tersebut

2. Tujuan pengaturan simpang bersinyal

Simpang bersinyal dalam kaitannya dengan konsep kapasitas perlu mempertimbangkan adanya alokasi waktu pada simpang bersinyal tersebut. Dalam suatu sinyal lalu lintas, secara prinsip memberikan alokasi waktu selama terjadinya konflik pergerakan lalu lintas dimana pergerakan lalu lintas tersebut mencari kebutuhan ruang yang sama. Cara dalam memberikan alokasi waktu tersebut memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kapasitas simpang dan pendekat-pendekatnya.

Metodologi yang dipergunakan dalam melakukan perhitungan kinerja simpang bersinyal didasarkan pada kapasitas simpang, tingkat pelayanan pada pendekat dan tingkat pelayanan pada simpang. Untuk melakukan evaluasi terhadap kapasitas simpang dilihat berdasarkan perbandingan antara arus yang terjadi dengan kapasitasnya. Sedangkan untuk mengevaluasi tingkat pelayanan simpang bersinyal didasarkan pada rata-rata tundaan henti pada tiap kendaraan.

Pada umumnya pengaturan lalu lintas dengan menggunakan sinyal digunakan untuk beberapa tujuan, yang antara lain adalah :

1. Menghindari terjadinya kemacetan pada simpang yang disebabkan oleh adanya konflik arus lalu lintas yang dapat dilakukan dengan menjaga kapasitas yang tertentu selama kondisi lalu lintas puncak;

2. Memberi kesempatan kepada kendaraan lain dan atau pejalan kaki dari jalan simpang yang lebih kecil untuk memotong jalan utama;
3. Mengurangi terjadinya kecelakaan lalu lintas akibat pertemuan kendaraan yang berlawanan arah.

3. Karakteristik simpang

Untuk sebagian besar fasilitas jalan, kapasitas dan tingkat kinerja dari fasilitas tersebut merupakan fungsi dari keadaan geometrik dan tuntutan arus lalu lintas. Dengan menggunakan sinyal lalu lintas, kapasitas simpang dapat didistribusikan pada berbagai pendekatan dengan menggunakan cara memberikan alokasi waktu hijau pada tiap-tiap pendekatnya.

Maksud dari penggunaan sinyal lalu lintas adalah untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang datang dari berbagai arah yang saling berpotongan. Sinyal lalu lintas juga dapat dipergunakan untuk memisahkan arus lalu lintas dengan arah lurus dengan arus lalu lintas yang melakukan gerakan membelok atau untuk memisahkan gerakan lalu lintas membelok dengan pejalan kaki.

4. Karakteristik sinyal lalu lintas

Jika dalam suatu simpang hanya konflik primer saja yang dipisahkan, maka adalah sangat memungkinkan untuk mengatur sinyal lalu lintas dengan hanya menggunakan dua fase saja yang masing-masing untuk jalan yang berpotongan. Metode seperti tersebut dapat dipergunakan apabila gerakan belok kanan pada suatu simpang dilarang. Pengaturan sinyal lalu lintas dengan dua fase

dalam beberapa kejadian akan memberikan kapasitas yang lebih besar, maka pengaturan dengan cara tersebut dianjurkan untuk digunakan sebagai dasar dalam kebanyakan analisa sinyal lalu lintas.

Warna dari nyala sinyal lalu lintas yang umum digunakan adalah merah, kuning dan hijau. Agar mendapatkan kapasitas pengaliran dan tundaan yang optimal diperlukan pengaturan pada waktu penyalaan lampu-lampu tersebut. Beberapa istilah yang dipergunakan dalam pengendalian waktu penyalaan lampu lalu lintas antara lain adalah periode antar hijau, waktu merah semua dan waktu siklus. Maksud dari periode antar hijau diantara dua fase yang berurutan adalah untuk memberikan tanda bagi lalu lintas yang sedang bergerak bahwa fase sudah berakhir serta untuk menjamin agar kendaraan terakhir pada fase hijau yang baru saja berakhir mempunyai waktu yang cukup untuk keluar dari daerah konflik sebelum kendaraan pertama dari fase berikutnya memasuki daerah konflik.

Fungsi untuk memberikan peringatan bahwa fase akan segera berakhir dipenuhi oleh sinyal dengan warna kuning. Sedangkan fungsi memberikan kesempatan kepada kendaraan terakhir untuk keluar dari daerah konflik dipenuhi oleh waktu merah semua yang juga berguna sebagai waktu pengosongan simpang diantara dua fase.

Waktu merah semua dan waktu untuk sunyal kuning biasanya sudah ditetapkan sebelumnya dan tidak berubah selama periode operasi. Jika waktu hijau dan waktu siklus juga ditetapkan sebelumnya, maka dikatakan sinyal tersebut dioperasikan secara kendali waktu tetap (*fixed time control*). Dalam sistem yang lama, pola waktu yang sama dipergunakan sepanjang hari atau

sepanjang minggu. Sedangkan pada sistem yang baru, rencana waktu sinyal yang berbeda ditetapkan sebelumnya dan dipergunakan untuk waktu yang berbeda pula. Misalnya untuk pengaturan nyala lampu pada jam puncak (*peak hour*) berbeda dengan pengaturan nyala lampu lewat jam puncak (*off peak*).

5. Parameter pengaturan sinyal

1. Fase

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), fase adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu-lintas. Sedangkan pengertian lain menurut Soejono (1996), fase itu adalah suatu alat pemberi isyarat dalam satu waktu siklus yang memberikan hak jalan pada satu atau lebih gerakan lalu-lintas untuk memperlancar arus kendaraan.

2. Waktu Siklus

Waktu siklus (*cyclus time*) adalah waktu total dari sinyal lampu lalu-lintas untuk menyelesaikan satu siklus. Waktu siklus yang disesuaikan berdasarkan pada waktu hijau yang telah diperoleh dan telahdibulatkan, dapat ditentukan dari rumus :

$$c = \Sigma g + LTI \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

g = waktu hijau (detik)

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Disarankan (detik)
Pengaturan dua fase	40 – 80
Pengaturan tiga fase	50 - 100
Pengaturan empat fase	80 – 130

3. Waktu Hijau

Waktu hijau (*green time*) adalah waktu aktual dari suatu fase hijau yang mana pada waktu tersebut lalu-lintas mendapat hak jalan melintasi persimpangan.

$$Waktu\ hijau\ efektif = Tampilan\ waktu\ hijau\ aktual - kehilangan\ awal + tambahan\ akhir$$

4. Waktu Antar Hijau

Penentuan waktu antar hijau diambil dari perbedaan antara akhir waktu hijau suatu fase dengan awal waktu hijau pada fase berikutnya. Tujuan penentuan waktu hijau ini supaya pada saat fase berikutnya mulai hijau, maka arus lalu-lintas yang bergerak pada fase tersebut semuanya telah melewati persimpangan, sehingga tidak terjadi konflik antara arus lalu-lintas pada fase tersebut dengan arus lalu-lintas pada fase berikutnya. Maka lamanya waktu antar hijau tergantung pada kecepatan minimum kendaraan untuk melintasi persimpangan tersebut.

Pada analisa yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau dapat dianggap sebagai nilai normal seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3. Waktu Antar Hijau Indonesia

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-rata	Nilai Normal Waktu Antar Hijau
Kecil	6 – 9 m	4 detik / fase
Sedang	10 – 14 m	5 detik / fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 detik / fase

5. Waktu Kuning

Waktu kuning (*amber*) adalah waktu dimana lampu kuning dinyalakan setelah lampu hijau dalam sebuah pendekat. Waktu kuning pada umumnya diambil 3 detik.

6. Rasio Hijau

Rasio hijau adalah perbandingan antara waktu hijau dengan waktu siklus dalam suatu pendekat. Rasio hijau dapat ditentukan dengan rumus :

$$GR = g / c \dots\dots\dots(2)$$

Dimana: GR =Rasio hijau

g = waktu hijau

c = waktu siklus

7. Waktu merah semua

Waktu merah semua (*all red*) adalah waktu sinya merah menyala secara bersamaan pada semua pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berurutan (detik);

8. Derajat kejenuhan (*degree of saturation*) adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat;

9. Arus jenuh (*saturation flow*) adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau);
10. *Oversaturated* adalah suatu kondisi dimana volume kendaraan yang melewati suatu pendekat melebihi kapasitasnya;

C. Optimasi Simpang Bersinyal

1. Optimasi simpang

Dalam mengoptimalkan suatu simpang bersinyal diperlukan pengaturan lalu lintas yang melalui simpang tersebut. Tujuan utama pengaturan lalu lintas umumnya adalah untuk memberikan petunjuk-petunjuk yang terarah dan tidak menimbulkan keraguan. Pengaturan lalu lintas di simpang dapat dicapai dengan menggunakan lampu lalu lintas, marka dan rambu yang mengatur, mengarahkan dan memperhatikan pulau-pulau lalu lintas.

Selanjutnya dari pemilihan pengaturan simpang dapat ditentukan dengan tujuan yang ingin dicapai sebagai berikut :

1. Mengurangi maupun menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan yang berasal dari berbagai kondisi titik konflik.
2. Menjaga kapasitas dari simpang dalam operasinya sehingga dapat dicapai pemanfaatan simpang yang sesuai dengan rencana.
3. Dalam operasinya, pengaturan simpang harus memberikan petunjuk yang jelas dan pasti serta sederhana, mengarahkan arus lalu lintas pada tempatnya yang sesuai.

Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas termasuk yang paling efektif terutama untuk volume lalu lintas pada kaki-kaki simpang yang relatif tinggi.

Pengaturan ini dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda-beda.

F.D. Hobbs (1979) dalam bukunya yang berjudul *Traffic Planning and Engineering* menjelaskan bahwa tabulasi kapasitas pertemuan jalan (*junction*) pada semua kondisi tidak mungkin untuk dilaksanakan dan seringkali kapasitas pada bagian lintasan yang menyeluruh lebih dibutuhkan dibandingkan dengan kapasitas pada daerah tertutup. Akan tetapi pertemuan jalan sebagian besar akan menentukan batas-batas kapasitas dan keamanan dari seluruh lintasan. Kesulitannya adalah untuk memutuskan jumlah unit, baik pejalan kaki ataupun kendaraan, yang akan mempergunakan fasilitas, dan dengan tingkat keamanan dan kenyamanan. Dari sudut pandang sosial, pada tingkat tertentu, kita harus siap untuk dapat menerima kelambatan lalu lintas yang lebih besar demi menambah tingkat keamanannya. Namun pada sebagian besar perhitungan yang memperbaiki aliran lalu lintas akan dapat mengurangi potensial kecelakaan.

Faktor-faktor yang dapat dipakai untuk mempengaruhi kapasitas suatu simpang meliputi:

1. Jumlah lajur yang cukup yang disediakan untuk mencegah agar volume yang tinggi tidak akan mengurangi kecepatan sampai dibawah optimum pada kondisi rencana, dan aliran yang besar harus dipisahkan arahnya.
2. Kapasitas yang tinggi yang membutuhkan keseragaman kecepatan kendaraan dan perbedaan kecepatan relatif kecil pada tempat masuk dan keluar.
3. Gerakan belokan yang banyak membutuhkan keistimewaan-keistimewaan seperti jalur tambahan yang terpisah.

4. Radius yang cukup untuk berbagai tipe kendaraan yang ada untuk menghindari pelanggaran batas terhadap jalur disampingnya dan tepi lapis perkerasan harus bebas dari rintangan.
5. Kelandaian yang sesuai untuk berbagai tipe dan jumlah kendaraan yang ada atau ketentuan khusus harus dibuat untuk tingkat-tingkat tertentu.

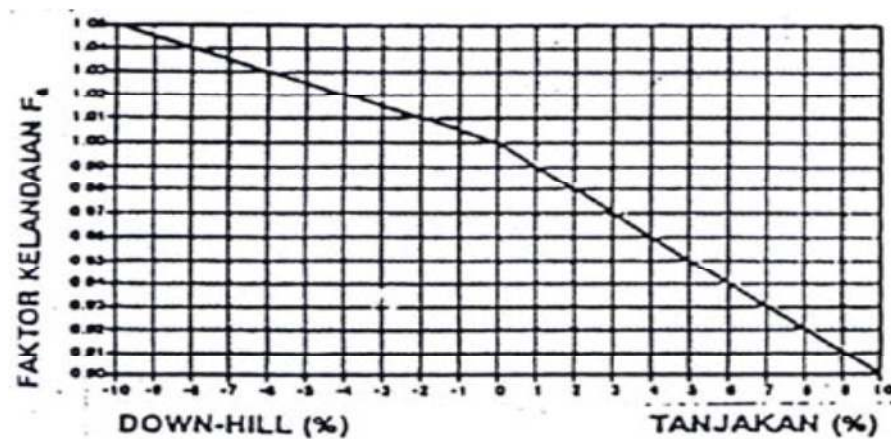
2. Faktor penyesuaian

- a. Faktor penyesuaian ukuran kota F_{cs}

Tabel 4. Faktor penyesuaian ukuran kota F_{cs}

Penduduk kota (juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota F_{cs}
>3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
<0,1	0,82

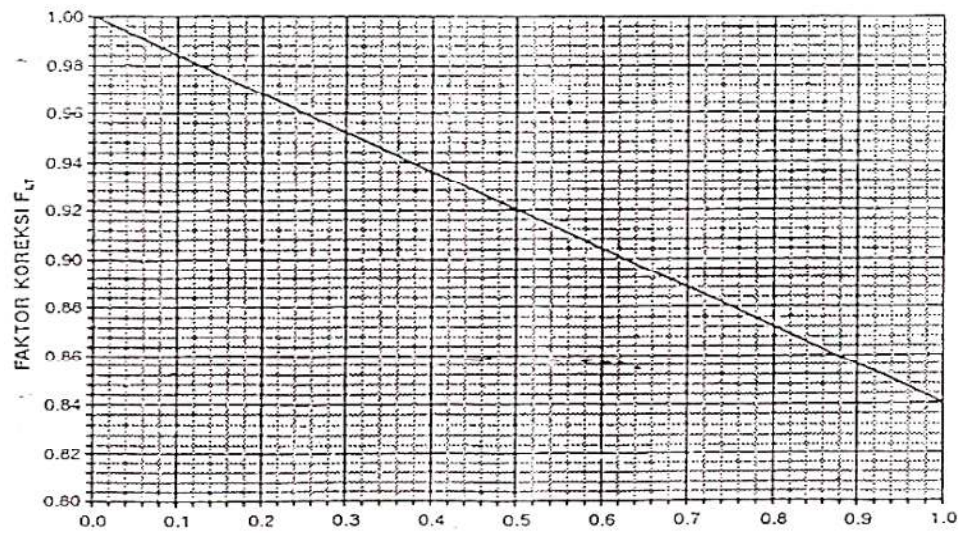
- b. Faktor penyesuaian kelandaian F_g



Gambar 2. Faktor penyesuaian untuk kelandaian F_g

- c. Faktor penyesuaian belok kiri F_{lt}

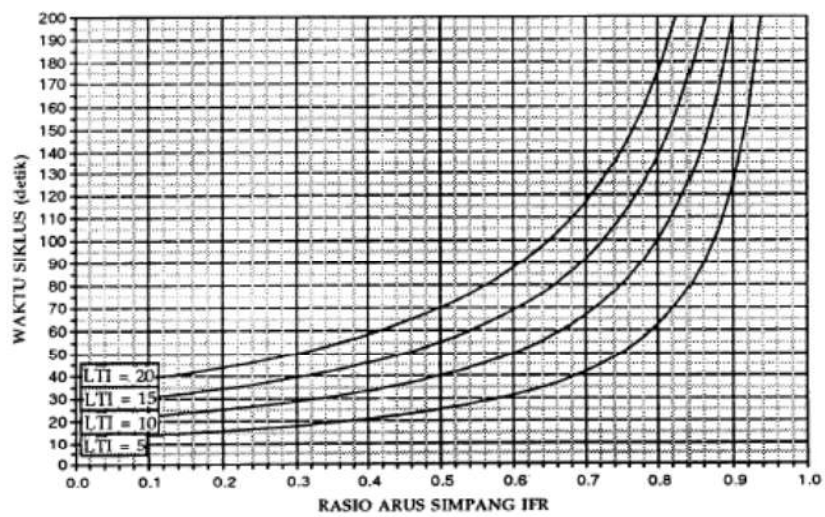
Hanya untuk tipe P dengan belok kiri langsung



Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997

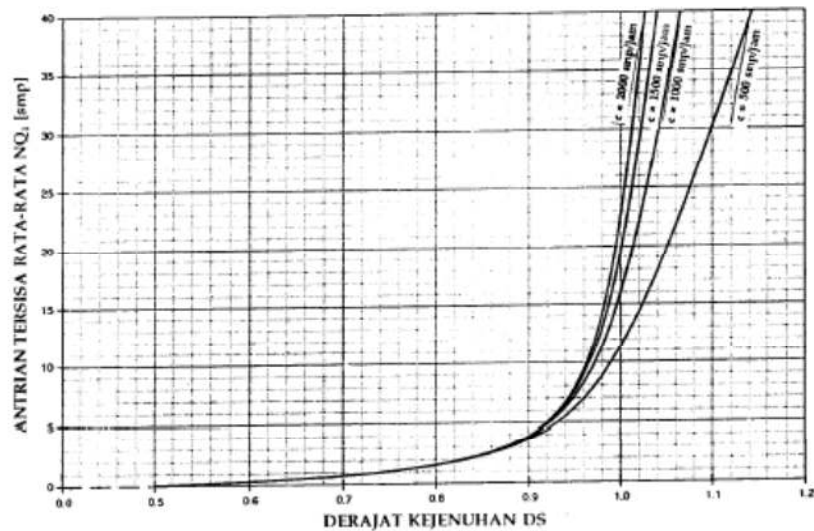
Gambar 3. Faktor penyesuaian untuk pengaruh belok kiri Flt

d. Faktor Waktu siklus sebelum penyesuaian



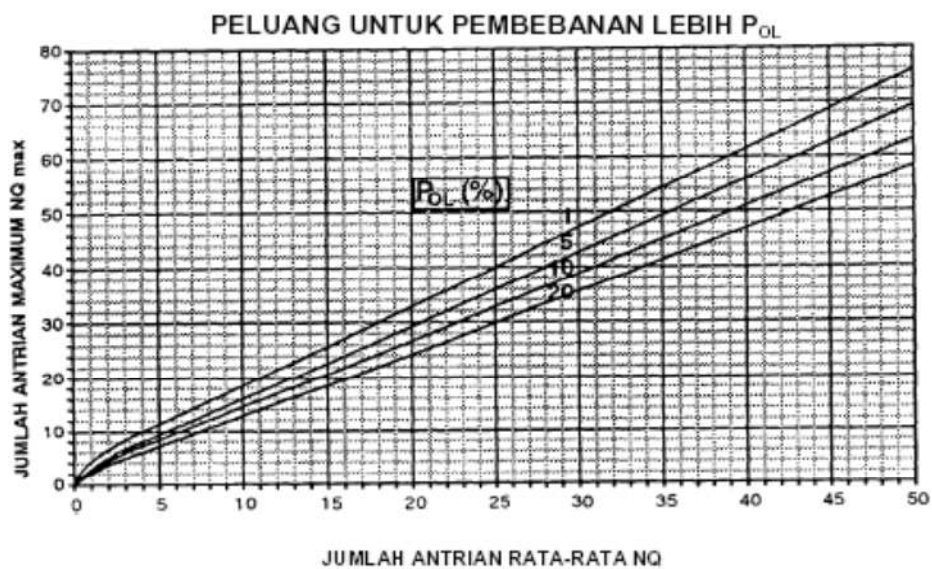
Gambar 4. Penetapan arus siklus sebelum penyesuaian

e. Faktor jumlah kendaraan antri



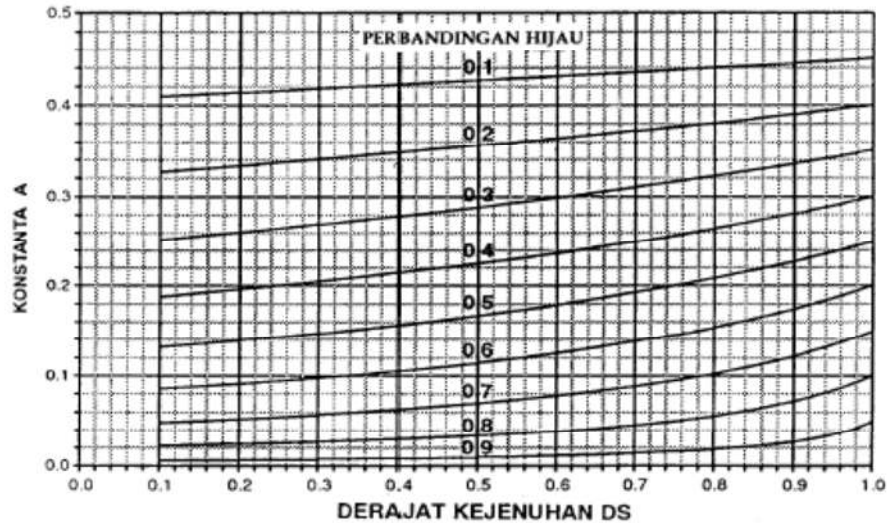
Gambar 5. Jumlah kendaraan antri (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

f. Faktor peluang untuk pembebanan lebih P_{OL}



Gambar 6. Perhitungan jumlah antrian (N_{Qmax}) dalam smp

g. Faktor penetapan tundaan lalu lintas rata-rata (DT)



Gambar 7.Penetapan tundaan lalu lintas rata-rata (DT)

D. Ukuran kinerja simpang bersinyal berdasarkan MKJI, 1997

1. Waktu Hilang

Pada suatu antrian kendaraan yang tertahan oleh tanda lampu merah pada suatu jalan pendekat kemudian mendapat hak jalan, mula-mula kendaraan melakukan percepatan sampai mencapai kecepatan normal ketika laju arus kendaraan kurang lebih konstan atau pada keadaan yang disebut arus jenuh, yaitu laju lalu lintas keluar maksimum yang dapat dipertahankan (mulai berjalan setelah berhenti pada lampu merah). Dengan menganggap terdapat jumlah kendaraan yang cukup banyak dalam antrian untuk berjalan pada waktu lampu hijau (yaitu selama waktu lampu hijau lalu lintas sangat jenuh), kendaraan-kendaraan akan terus berjalan keluar pada arus jenuh ini sampai waktu lampu hijau habis.

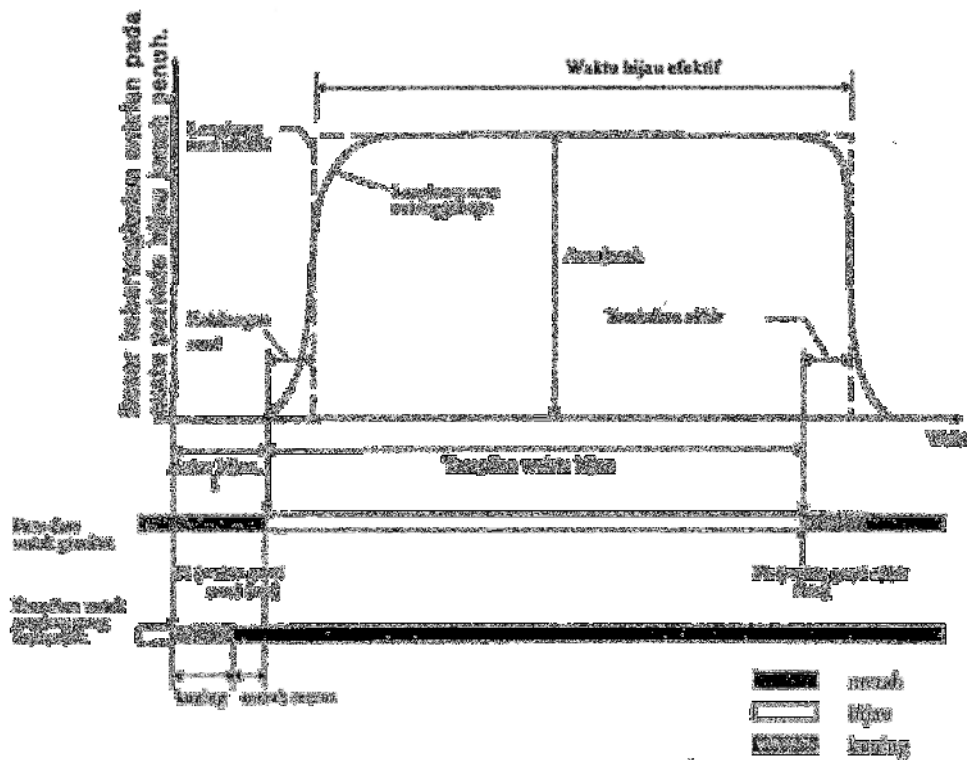
Beberapa kendaraan akan lewat melalui lampu kuning, tetapi laju pengeluaran akan turun sampai mencapai nol.

Selama satu fase, jumlah waktu hijau (k) dan waktu kuning (a), dikurangi waktu hijau efektif (g), disebut sebagai waktu yang hilang (*lost time; l*), karena ini umumnya tidak terdapat pada fase lain untuk lewatnya kendaraan, dan ini ditulis sebagai berikut :

$$l = k + a - g \dots\dots\dots (3)$$

Bila b menyatakan jumlah kendaraan rata-rata yang keluar selama fase jenuh, dengan arus jenuh s , maka g (waktu hijau efektif), adalah :

$$G = \frac{b}{s} \dots\dots\dots (4)$$



Gambar 8. Model dasar arus jenuh (Akceklík, 1989)

Selain itu, pada beberapa keadaan, ada unsur lain dari waktu hilang yang diakibatkan dari beberapa sebab yang salah satunya adalah sinyal pada semua fase yang menunjukkan merah, atau merah/kuning bersama-sama. Waktu ini juga hilang pada persimpangan jalan karena tidak ada kendaraan yang bergerak. Bila unsur waktu hilang ini adalah R , maka waktu hilang total per siklus adalah :

$$L = nl + R = \Sigma(l - a) + \Sigma l \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

L = waktu hilang rata-rata per fase.

R = waktu hilang per siklus, karena *all red* atau *red* dan *amber* pada semua fase.

n = jumlah fase

l = periode pergantian hijau

a = periode kuning

Dalam MKJI, waktu merah semua diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase harus memberi kesempatan untuk kendaraan terakhir untuk melewati garis henti pada akhir sinyal (kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama dari fase berikutnya (melewati garis awal henti pada sinyal hijau) pada titik yang sama. Merah semua merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan yang datang dari garis henti sampai ke titik konflik dan panjang dari kendaraan yang berangkat. Titik konflik kritis pada masing-masing fase adalah titik yang menghasilkan merah semua terbesar yang diperoleh dengan persamaan :

$$Merah\ Semua_i = \left[\frac{(L_{EV} - l_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV_{max}}} \right] \dots\dots\dots (6)$$

dengan :

$L_{EV}; L_{AV}$ = jarak garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

l_{EV} = panjang kendaraan yang berangkat (m)

$V_{EV}; V_{AV}$ = kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

Apabila periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau sebagai berikut :

$$LTI = \sum (Merah\ Semua + Kuning)_i = \sum IG_i \dots\dots\dots (7)$$

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah sebesar 3 detik.

2. Kapasitas simpang dan derajat kejenuhan

Menurut MKJI 1997, perhitungan kapasitas dapat dibuat dengan pemisahan jalur tiap pendekat, pada satu lengan dapat terdiri dari satu atau lebih pendekat, misal dibagi menjadi dua atau lebih sub pendekat. Hal ini diterapkan jika gerakan belok kanan mempunyai fase berbeda dari lalulintas yang lurus atau dapat juga dengan merubah fisik jalan yaitu dengan membagi pendekat dengan pulau lalulintas (*canalization*). Kapasitas (C) dari suatu pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$C = S \times \frac{g}{c} \dots\dots\dots (8)$$

dengan :

C = kapasitas pendekat (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam hijau)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus

Nilai arus jenuh diasumsikan tetap selama fase hijau, namun pada kenyataannya kendaraan masih berhenti saat mulai hijau, kemudian perlahan naik dan mencapai puncak antara 10 -15 detik dan akan menurun perlahan-lahan sampai hijau berakhir. Kendaraan yang terlepas relatif tetap selama waktu kuning dan waktu merah semua sampai akhirnya turun selama 5 - 10 detik setelah awal sinyal merah.

Arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_o) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_p \times F_{RT} \times F_{LT} \dots\dots\dots (9)$$

Untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar S_o ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (W_e) yang diformulasikan seperti berikut ini :

$$S_o = 600 \times W_e \dots\dots\dots (10)$$

dengan :

$S0$ = Arus jenuh dasar

We = Lebar lengan simpang (m)

FCS = Faktor koreksi Ukuran kota

FSF = Faktor koreksi hambatan sampung

FG = Faktor koreksi gradien jalan

FP = Faktor koreksi kondisi parkir

FRT = Faktor koreksi proporsi belok kanan

FLT = Faktor koreksi proporsi belok kiri

3. Panjang antrian

Dalam MKJI, antrian yang terjadi pada suatu pendekat adalah jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) yang merupakan jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya ($NQ1$) dan jumlah smp yang datang selama waktu merah ($NQ2$) yang persamaannya dituliskan seperti berikut ini :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots (11)$$

Panjang antrian (QL) pada suatu pendekat adalah hasil perkalian jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m²) dan pembagian dengan lebar masuk, yang persamaannya dituliskan sebagai berikut :

$$QL = NQ_{Max} \times \frac{20}{W_{Masuk}} \dots\dots\dots (12)$$

Dari nilai derajat kejenuhan dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian (NQ1) yang merupakan sisa dari fase terdahulu yang dihitung dengan rumus berikut :

□ Untuk $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(D_S - 1) + \sqrt{(D_S - 1)^2 + \frac{8 \times (D_S - 0,5)}{c}} \right] \dots (13)$$

dengan :

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase sebelumnya;

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau (g/c)

C = kapasitas (smp/jam).

□ Untuk $DS \leq 0,5$: $NQ_1 = 0$

Jumlah antrian yang datang selama fase merah (NR_2) dengan rumus seperti berikut:

$$NQ_2 = C \times \frac{1-GR}{(1-GR) \times D_S} \times \frac{Q}{3600} \dots \dots \dots (14)$$

dengan :

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah;

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau (g/c);

c = waktu siklus (detik);

Q_{masuk} = arus lalulintas pada tempat di luar LTOR (smp/jam)

Jika lebar jalur dan arus lalulintas telah digunakan pada penentuan waktu sinyal, arus yang digunakan adalah Q_{keluar} . Agar diperoleh nilai arus simpang total yang benar, penyesuaian terhadap arus tercatat untuk seluruh pendekat.

$$NQ = NQ1 + NQ2 \dots\dots\dots (15)$$

Untuk menentukan NQ_{max} dapat dicari berdasarkan grafik peluang untuk pembebanan lebih. Untuk perencanaan dan desain disarankan nilai $pOL \leq 5\%$, untuk operasional disarankan $pOL = 5 - 10\%$. Penghitungan panjang antrian (QL) didapat dari hasil perkalian antara NQ_{max} dengan rata-rata yang ditempati tiap smp (20 m^2) dan dibagi lebar masuk (W_{masuk}), yang dirumuskan di bawah ini.

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{Masuk}} \dots\dots\dots (16)$$

4. Kendaraan berhenti

Penghitungan laju henti (NS) untuk masing-masing pendekatan yang diidentifikasi sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti terulang dalam antrian), dapat dihitung dengan persamaan seperti berikut :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots (17)$$

dengan :

c = waktu siklus (detik);

Q = arus lalulintas (smp/detik)

Penghitungan jumlah kendaraan terhenti (NSV) untuk tiap pendekat dapat dihitung dengan persamaan :

$$N_{SV} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (18)$$

Perhitungan laju henti rata-rata untuk seluruh simpang dilakukan dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kendaraan/jam, dihitung sebagai :

$$NS_{tot} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOT}} \dots\dots\dots (19)$$

5. Tundaan

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), tundaan (D) pada suatu simpang dapat terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu :

- a. Tundaan lalu lintas (DT) yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang;
- b. Tundaan geometri (DG) yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan atau terhenti karena lampu merah.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j merupakan jumlah tundaan lalu lintas rata-rata (DT_j) dengan tundaan geometrik rata-rata (DG_j) yang persamaannya dapat dituliskan seperti berikut ini :

$$D_j = DT_j + DG_j \dots\dots\dots (20)$$

Berdasarkan pada Akcelik, 1998, tundaan lalu lintas rata-rata (DT) pada suatu pendekat dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - (GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \dots\dots\dots (21)$$

Tundaan geometri rata-rata (DG) pada suatu pendekat dapat diperkirakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$DG = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \dots\dots\dots (22)$$

dengan :

p_{sv} = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

p_T = rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metodologi Penelitian

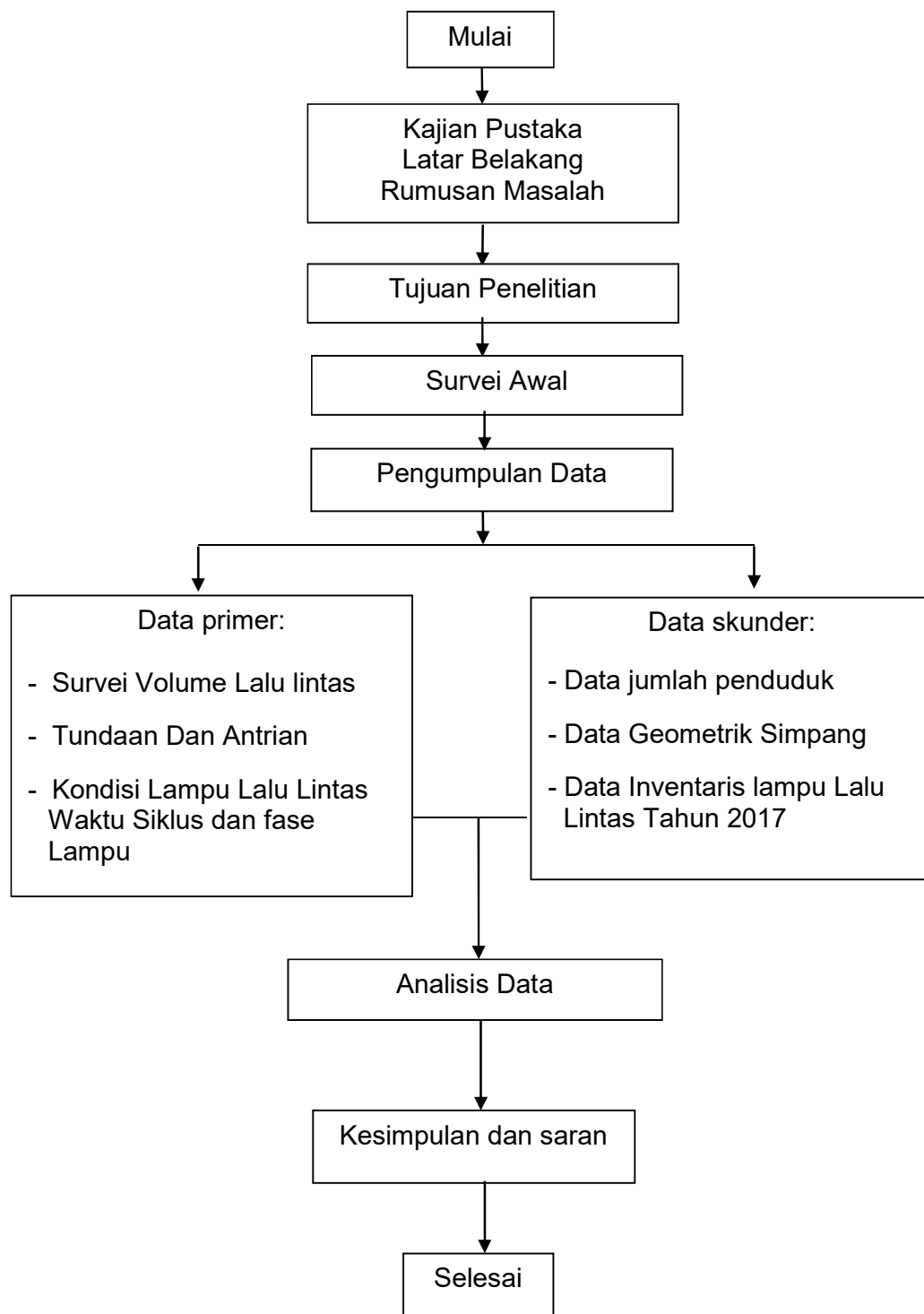
Sifat dari penelitian ini adalah deskriptif analitis. Deskriptif berarti pemaparan masalah-masalah yang ada di lapangan pada saat sekarang. Sedangkan analitis berarti data yang dikumpulkan mula-mula disusun, dijelaskan kemudian di analisis.

B. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di wilayah kota Parepare yaitu di Simpang Tiga Bersinyal Ruas jalan Jend. Ahmad Yani – Ruas Jalan Jend. Sudirman Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret 2017 sampai bulan April 2017

C. Diagram Alur Penelitian

Bagan alur penelitian diharapkan dapat memberikan langkah langkah pelaksanaan penelitian secara ringkas serta memudahkan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penyelesaian penelitian. Adapun bagan alurnya ditunjukkan seperti pada Gambar berikut:



Gambar 9. Bagan alir penelitian

D. Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian ini meliputi data primer dan sekunder

Data primer didapat dengan melaksanakan survei langsung di lapangan yang meliputi:

1. Survei volume lalu lintas ruas jalan, survei yang dilakukan adalah menghitung volume lalu lintas kendaraan secara terklasifikasi, yang lewat pada ruas jalan.
2. Survei waktu sinyal Pengumpulan data waktu sinyal adalah untuk mendapatkan waktu sinyal di lapangan yang digunakan sebagai data dalam mencari nilai kapasitas persimpangan yang ada sekarang. Survei dilakukan dengan cara mencatat waktu sinyal yang ada (Merah, Kuning, Hijau). Hasil dari survei ini yaitu waktu sinyal dan waktu siklus.
3. Survei hambatan samping yang diakibatkan oleh pejalan kaki, parkir pada badan jalan, kendaraan keluar-masuk, dan intensitas angkot berhenti pada daerah simpang.

Sedangkan data sekunder yaitu dengan meminjam data dari instansi terkait sebagai landasan permasalahan yang ada sekaligus pembanding keadaan saat ini. Data yang diperoleh berupa jumlah data penduduk, geometrik simpang yang terdiri dari denah simpang, lebar jalan, lebar pendekat dan jari-jari tikungan, data inventaris lampu lalu lintas tahun 2017 (DLLAJ) Kota Parepare.

E. Teknik Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan pembahasan tentang analisis dan pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang telah diperoleh dan kemudian dituangkan kedalam grafik untuk selanjutnya dapat mengelompokkan sesuai dengan identifikasi jenis permasalahan yang terjadi sehingga diperoleh analisis pemecahan masalah yang efektif dan terarah. Pada tahap ini dilakukan analisis dan pengolahan data dari kinerja lalu lintas di Simpang Jl. Jend. Ahmad Yani – Jl. Jend. Sudirman, meliputi: kapasitas, Waktu Siklus, tundaan, panjang antrian, derajat kejenuhan dan tingkat pelayanan (*level of service*).

F. Evaluasi Hasil Penelitian

Dari hasil peneltitan yang telah didapatkan perlu diadakan evaluasi dari hasil penelitian sesuai dengan yang disyaratkan maupun standar yang telah ditentukan terkait dengan tujuan yang ingin dicapai dalam hal analisis penentuan fase simpang bersinyal.

G. Prosedur Penelitian

1. Tahap pra penelitian

a. Tahap persiapan penelitian

Tahap persiapan meliputi kegiatan studi pustaka untuk memperoleh literature dan hasil penelitian yang relevan serta melakukan kajian data awal untuk keperluan penyusunan proposal penelitian.

b. Penyusunan proposal penelitian

Proposal disusun sebagai pengajuan untuk melakukan penelitian. Melalui proposal dijelaskan latar belakang penelitian, permasalahan yang dikaji, tujuan, landasan teori, serta metode apa yang digunakan. Bahkan gambaran mengenai hasil penelitian juga tertuang di dalamnya.

c. Penyusunan instrumen penelitian

Instrumen penelitian disusun dan dibuat terkait dengan kegiatan pengumpulan data penelitian, sebagai pedoman maupun alat pengumpul data.

d. Perijinan

Perijinan ditujukan kepada instansi–instansi yang terkait berkenaan dengan legalisasi kegiatan pengumpulan data yang akan dilakukan pada saat penelitian dan penyusunan laporan.

2. Tahap penelitian

a. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung untuk pengumpulan data primer di lokasi penelitian dan studi dokumen (data sekunder) dari instansi– instansi yang terkait.

3. Tahap akhir

a. Analisis data

Data yang telah diperoleh dari observasi lapangan dan studi dokumen dikumpulkan, kemudian dipilah–pilah sesuai kebutuhan, disusun dan dikategorisasikan sedemikian rupa sehingga menjadi terstruktur. Struktur data yang telah dikategorisasikan kemudian diolah termasuk didalamnya dilakukan pemeriksaan keabsahan data. Analisis dilakukan dengan cara penafsiran data untuk memperoleh suatu teori substantif dengan metode tertentu.

b. Pelaporan

Kegiatan pelaporan dilakukan dengan penyusunan laporan dalam bentuk *hardcopy* maupun *softcopy* sebagai *output* kegiatan penelitian secara nyata.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Wilayah Administrasi Kota Parepare dengan luas 7, 2014 0 107 km² Secara geografis Kota Parepare berada pada posisi antara 03⁰ 057' 39" – 04⁰ 004' 49" Lintang Selatan dan 119 ⁰036' 24" – 119⁰ 034' 40" Bujur Timur dan secara administrasi wilayah Kota Parepare memiliki batasan dengan beberapa kabupaten sebagai berikut :

- Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Pinrang
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Sidenreng Rappang
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Barru
- Sebelah Barat berbatasan dengan Selat Makassar Wilayah administrasi Kota Parepare hingga tahun 2024 terdiri atas 4 kecamatan dan 22 kelurahan.

Sumber: Data Group Admistrasi Kota parepare 2024

Dari 4 kecamatan tersebut ada beberapa kecamatan yang mempunyai pusat perbelanjaan tersebut terdapat jalan kabupaten/kota atau biasa juga disebut jalan kolektor primer yaitu jalan yang menghubungkan kabupaten / kota. Untuk wilayah subur perbelanjaan yang ada di Kota Parepare begitu banyak menyebar di setiap wilayah kecamatan.

Luas wilayah dari masing-masing kecamatan Kota Parepare, menunjukkan bahwa wilayah kecamatan terluas adalah Kecamatan Bacukiki dengan luas kurang lebih 66,70 Km², atau sekitar 67,15% dari luas wilayah Kota Parepare,

sedangkan kecamatan yang memiliki luas wilayah terkecil adalah Kecamatan Soreang dengan luas wilayah kurang lebih $8,33 \text{ Km}^2$ atau sekitar 8,38 % dari luas Kota Parepare. Secara terperinci luas dari masing-masing kecamatan di Kota Parepare.

IKLIM Berdasarkan catatan stasiun klimatologi, rata-rata temperatur Kota Parepare sekitar $28,5 \text{ oC}$ dengan suhu minimum $25,6 \text{ oC}$ dan suhu maksimum $31,5 \text{ oC}$. Kota Parepare beriklim tropis dengan dua musim yaitu musim kemarau pada bulan Maret sampai bulan September dan musim hujan pada bulan Oktober sampai bulan Februari.

Waktu yang digunakan di Kota Parepare adalah WITA atau Waktu Indonesia bagian Tengah yakni 1 jam lebih cepat dari waktu ibukota negara Jakarta dan 8 jam lebih cepat dari Greenwich Meridian Time (GMT).

Penduduk Kota Parepare berdasarkan hasil registrasi penduduk tahun 2024 berjumlah 136,890 jiwa yang tersebar di 4 kecamatan, yang terdiri 67,215 orang berjenis kelamin laki-laki dan 68,633 orang yang berjenis kelamin perempuan, dengan jumlah penduduk terbesar yakni 75,370 jiwa mendiami kecamatan Bacukiki Barat dan Ujung.

Secara keseluruhan jumlah penduduk yang berjenis kelamin perempuan lebih banyak dari pada yang berjenis kelamin laki-laki.

B. Lokasi Studi

Lokasi persimpangan Jalan Jendral Ahmad Yani dan Jalan Jendral Sudirman berada di kelurahan bukit harapan kecamatan soreang. Berdekatan dengan masjid agung kota parepare yang mana dilokasi persimpangan tersebut

menyebabkan masalah kemacetan dikarenakan pengaturan lampu lalu lintas yang dioperasikan saat ini belum dapat mengatasi kemacetan yang sering terjadi pada jam-jam sibuk. Terlebih lagi kedatangan kendaraan dari berbagai arah bertemu dan kondisi jalan yang relative sempit sehingga tidak dapat menampung volume kendaraan yang tergolong padat.

Pada kegiatan studi ini dilakukan evaluasi terhadap volume arus lalu lintas pada persimpangan yang meliputi;

1. Jl. Jendral Ahmad Yani
2. Jl. Jendral Sudirman
3. Jl. Andi Mappangara

nama jalan di atas yang di perkirakan memiliki volume arus lalu lintas yang besar untuk lebih jelasnya mengenai jalan tersebut bisa di lihat pada gambar 10 Di bawah ini.



Gambar 10. lokasi persimpangan

Sumber. Google Earth

C. Hasil survey

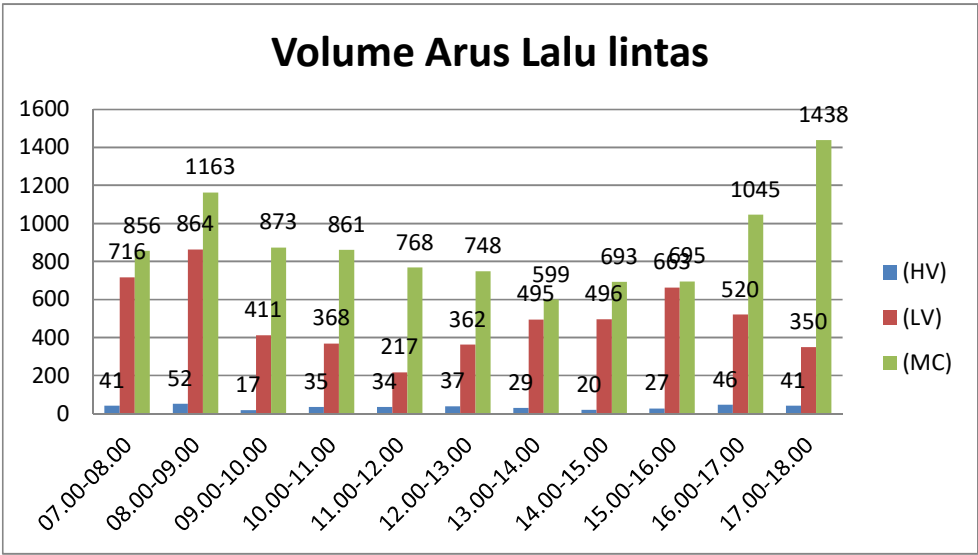
1. Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan Jendral Ahmad Yani arah pusat kota parepare ke jalan jendral ahmad yani arah sidrap.

Tabel 5. Volume arus lalu lintas

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN				
	Kendaraan berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor	Volume Arus Lalulintas	Volume Arus Lalulintas
	(HV)	(LV)	(MC)	(smp/jam)	(Kendaraan/jam)
07.00-08.00	41	716	856	1197.3	1613
08.00-09.00	52	864	1163	1513.1	2079
09.00-10.00	17	411	873	869.6	1301
10.00-11.00	35	368	861	844	1264
11.00-12.00	34	217	768	645.2	1019
12.00-13.00	37	362	748	784.1	1147
13.00-14.00	29	495	599	832.2	1123
14.00-15.00	20	496	693	868.5	1209
15.00-16.00	27	663	695	1045.6	1385
16.00-17.00	46	520	1045	1102.3	1611
17.00-18.00	41	350	1438	1122.3	1829
Total	379	5462	9739	10824.2	15580

Sumber : pengolahan data survey 2024

Setelah dilakukan survey selama satu minggu pada jalan jendral ahmad yani, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari senin dengan volume arus kendaraan 15580, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah.



Gambar 11. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

Sumber : pengolahan data survey 2024

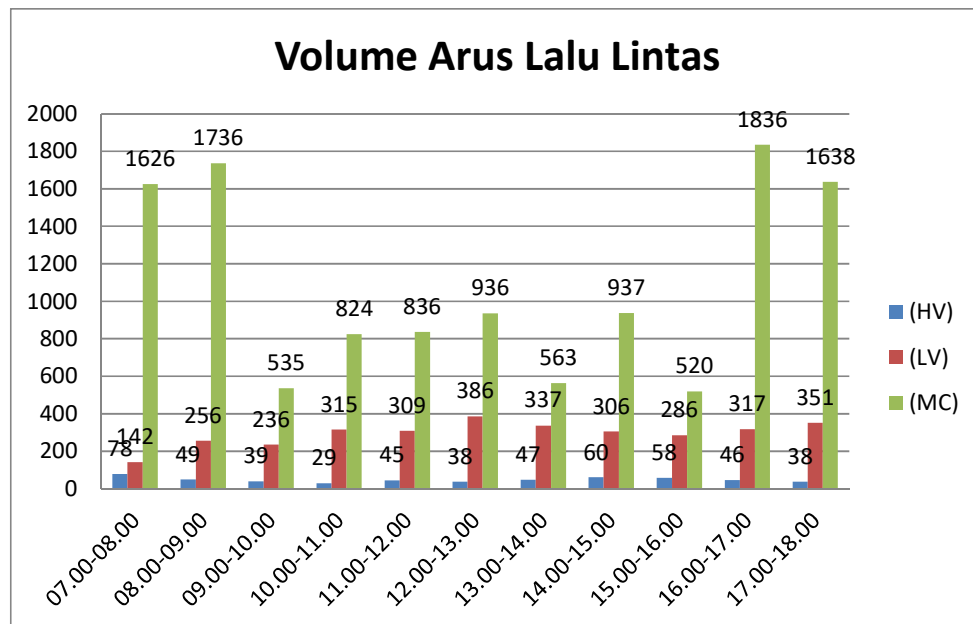
2. Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan jendral ahmad yani arah sidrap ke arah pusat kota parepare.

Tabel 6. Volume arus lalu lintas

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN			Volume Arus Lalulintas (smp/jam)	Volume Arus Lalulintas (Kendaraan/jam)
	Kendaraa n berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor		
	(HV)	(LV)	(MC)		
07.00-08.00	78	142	1626	1056.4	1846
08.00-09.00	49	256	1736	1187.7	2041
09.00-10.00	39	236	535	554.2	810
10.00-11.00	29	315	824	764.7	1168
11.00-12.00	45	309	836	785.5	1190
12.00-13.00	38	386	936	903.4	1360
13.00-14.00	47	337	563	679.6	947
14.00-15.00	60	306	937	852.5	1303
15.00-16.00	58	286	520	621.4	864
16.00-17.00	46	317	1836	1294.8	2199
17.00-18.00	38	351	1638	1219.4	2027
Total	527	3241	11987	9919.6	15755

Sumber : pengolahan data survey 2024

Setelah dilakukan survey selama satu minggu, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari kamis dengan volume kendaraan 15755 sehingga jam puncak di ambil pada hari kamis, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah.



Gambar 12. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

Sumber : pengolahan data survey 2024

3. Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan jendral sudirman arah makassar ke pusat kota parepare.

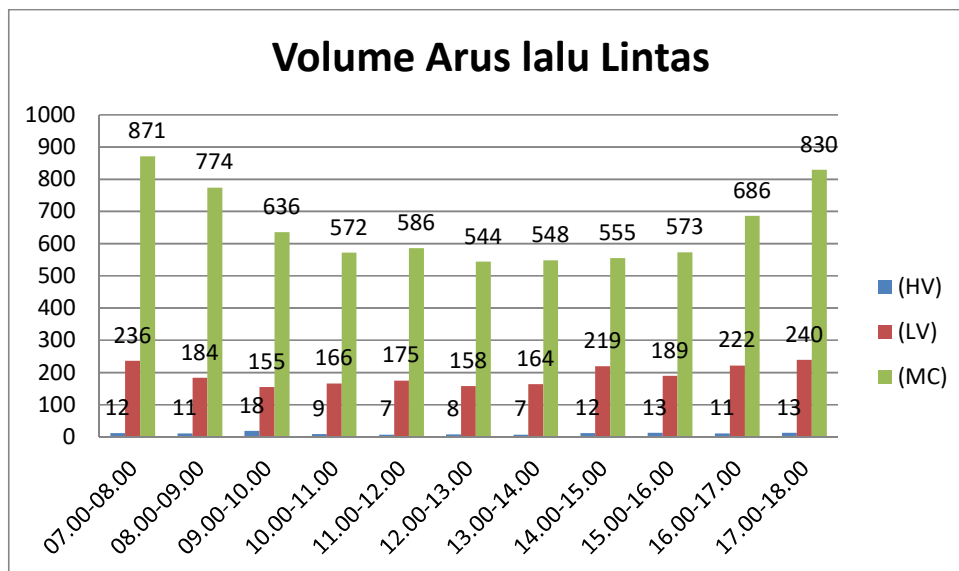
Tabel 7. Volume arus lalu lintas

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN				
	Kendaraan berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor	Volume Arus Lalulintas	Volume Arus Lalulintas
	(HV)	(LV)	(MC)	(smp/jam)	(Kendaraan/jam)
07.00-08.00	12	236	871	687.1	1119
08.00-09.00	11	184	774	585.3	969
09.00-10.00	18	155	636	496.4	809
10.00-11.00	9	166	572	463.7	747

11.00-12.00	7	175	586	477.1	768
12.00-13.00	8	158	544	440.4	710
13.00-14.00	7	164	548	447.1	719
14.00-15.00	12	219	555	512.1	786
15.00-16.00	13	189	573	492.4	775
16.00-17.00	11	222	686	579.3	919
17.00-18.00	13	240	830	671.9	1083
Total	121	2108	7175	5852.8	9404

Sumber : pengolahan data survey 2024

Setelah dilakukan survey selama satu minggu, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari senin dengan volume kendaraan 9404 sehingga jam puncak di ambil pada hari senin, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah.



Gambar 13. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

Sumber : pengolahan data survey 2024

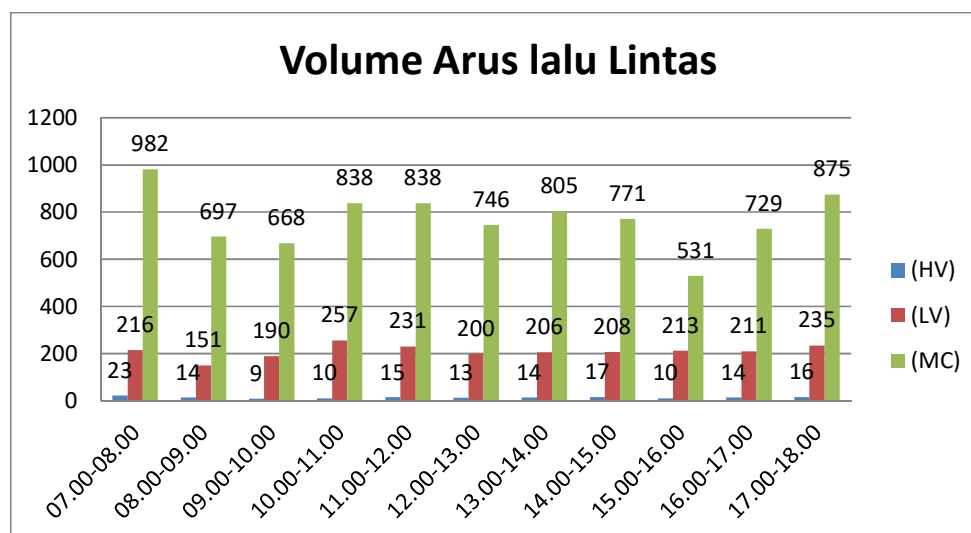
4. Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan jendral ahmad yani arah pusat kota parepare ke jalan jendral sudirman.

Tabel 8. Volume arus lalu lintas

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN				
	Kendaraan berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor	Volume Arus Lalulintas	Volume Arus Lalulintas
	(HV)	(LV)	(MC)	(smp/jam)	(Kendaraan/jam)
07.00-08.00	23	216	982	736.9	1221
08.00-09.00	14	151	697	517.7	862
09.00-10.00	9	190	668	535.7	867
10.00-11.00	10	257	838	689	1105
11.00-12.00	15	231	838	669.5	1084
12.00-13.00	13	200	746	589.9	959
13.00-14.00	14	206	805	626.7	1025
14.00-15.00	17	208	771	615.6	996
15.00-16.00	10	213	531	491.5	754
16.00-17.00	14	211	729	593.7	954
17.00-18.00	16	235	875	693.3	1126
Total	155	2318	8480	6759.5	10953

Sumber : pengolahan data survey 2024

Setelah dilakukan survey selama satu minggu volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari senin dengan volume kendaraan 10953 sehingga jam puncak di ambil pada hari senin, jam puncak tersebut bisa di gambar grafik di bawah.



Gambar 14. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

Sumber : pengolahan data survey 2024

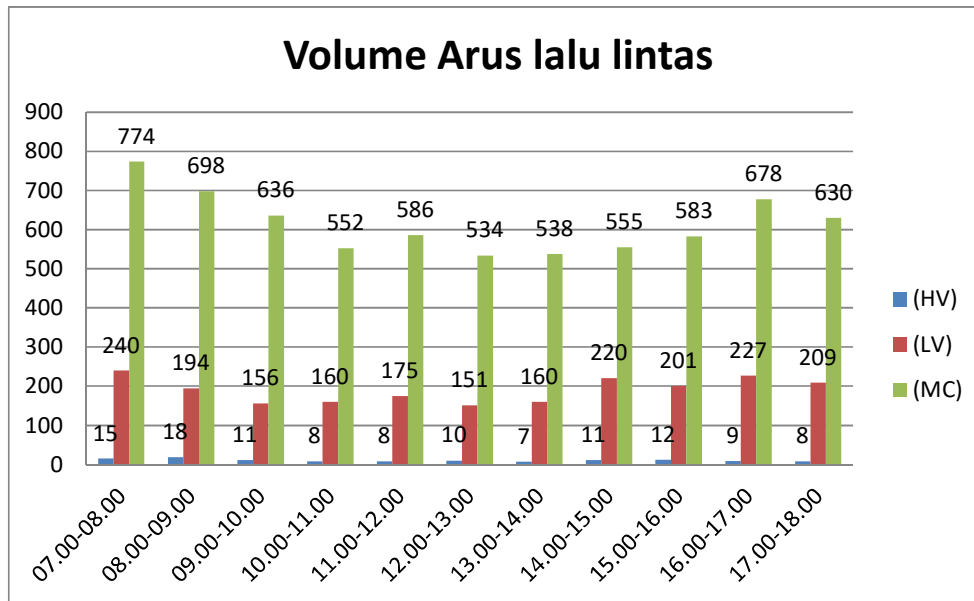
5. Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan jendral sudirman arah Makassar ke jalan jendral ahmad yani arah sidrap.

Tabel 9. Volume arus lalu lintas

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN				
	Kendaraan berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor	Volume Arus Lalulintas	Volume Arus Lalulintas
	(HV)	(LV)	(MC)	(smp/jam)	(Kendaraan/jam)
07.00-08.00	15	240	774	646.5	1029
08.00-09.00	18	194	698	566.4	910
09.00-10.00	11	156	636	488.3	803
10.00-11.00	8	160	552	446.4	720
11.00-12.00	8	175	586	478.4	769
12.00-13.00	10	151	534	431	695
13.00-14.00	7	160	538	438.1	705
14.00-15.00	11	220	555	511.8	786
15.00-16.00	12	201	583	508.1	796
16.00-17.00	9	227	678	577.7	914
17.00-18.00	8	209	630	534.4	847
Total	117	2093	6764	5627.1	8974

Sumber : pengolahan data survey 2024

Setelah dilakukan survey selama satu minggu, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari senin dengan volume kendaraan 8974 sehingga jam puncak di ambil pada hari senin, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah.



Gambar 15. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

Sumber : pengolahan data survey 2024

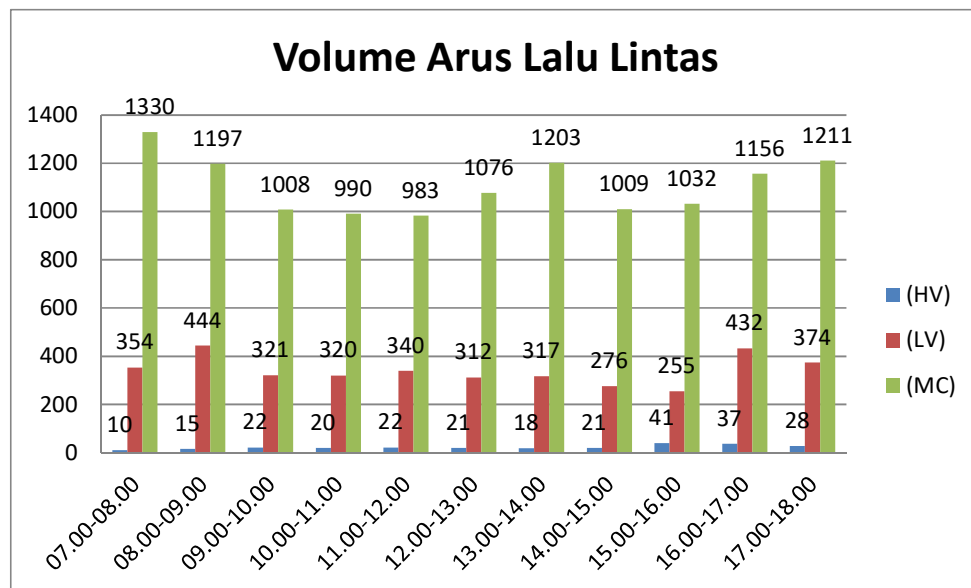
6. Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan jendral ahmad yani arah sidrap ke jalan jendral sudirman arah makassar.

Tabel 10. Volume arus lalu lintas

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN			Volume Arus Lalulintas (smp/jam)	Volume Arus Lalulintas (Kendaraan/jam)
	Kendaraan berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor		
	(HV)	(LV)	(MC)		
07.00-08.00	10	354	1330	1032	1694
08.00-09.00	15	444	1197	1062	1656
09.00-10.00	22	321	1008	853.6	1351
10.00-11.00	20	320	990	841	1330
11.00-12.00	22	340	983	860.1	1345
12.00-13.00	21	312	1076	877.3	1409
13.00-14.00	18	317	1203	941.9	1538
14.00-15.00	21	276	1009	807.8	1306
15.00-16.00	41	255	1032	824.3	1328
16.00-17.00	37	432	1156	1058.1	1625
17.00-18.00	28	374	1211	1015.9	1613
Total	255	3745	12195	10174.0	16195

Sumber : pengolahan data survey 2024

Setelah dilakukan survey selama satu minggu, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari kamis dengan volume kendaraan 16195 sehingga jam puncak di ambil pada hari kamis, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah.



Gambar 16. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

Sumber : pengolahan data survey 2024

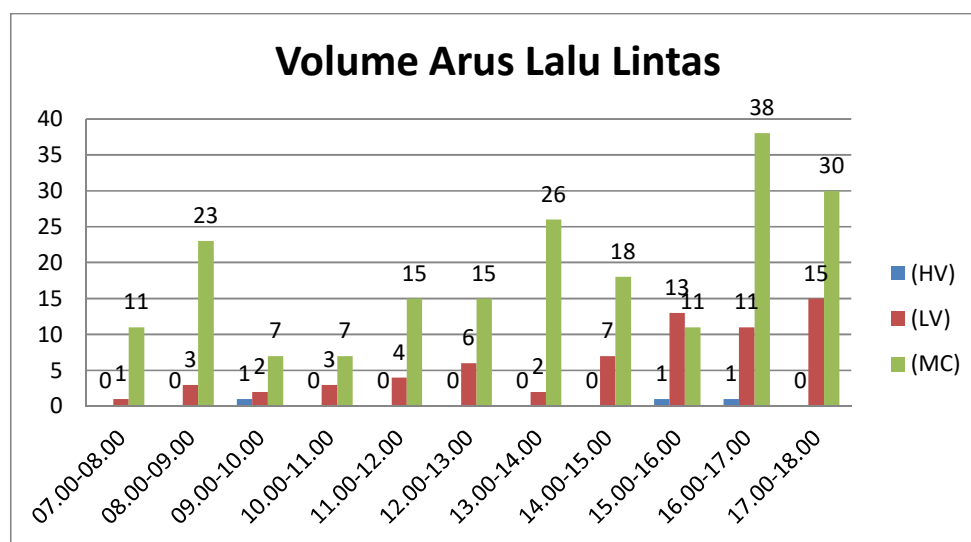
7. Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan jendral ahmad yani arah pusat kota parepare ke jalan andi mappangara arah perumnas.

Tabel 11. Volume arus lalu lintas

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN				
	Kendaraan berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor	Volume Arus Lalulintas	Volume Arus Lalulintas
	(HV)	(LV)	(MC)	(smp/jam)	(Kendaraan/jam)
07.00-08.00	0	1	11	6.5	12
08.00-09.00	0	3	23	14.5	26
09.00-10.00	1	2	7	6.8	10
10.00-11.00	0	3	7	6.5	10
11.00-12.00	0	4	15	11.5	19
12.00-13.00	0	6	15	13.5	21
13.00-14.00	0	2	26	15	28
14.00-15.00	0	7	18	16	25
15.00-16.00	1	13	11	19.8	25
16.00-17.00	1	11	38	31.3	50
17.00-18.00	0	15	30	30	45
Total	3	67	201	171.4	271

Sumber : pengolahan data survey 2024

Setelah dilakukan survey selama satu minggu, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari sabtu dengan volume kendaraan 271 sehingga jam puncak di ambil pada hari sabtu, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah.



Gambar 17. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

Sumber : pengolahan data survey 2024

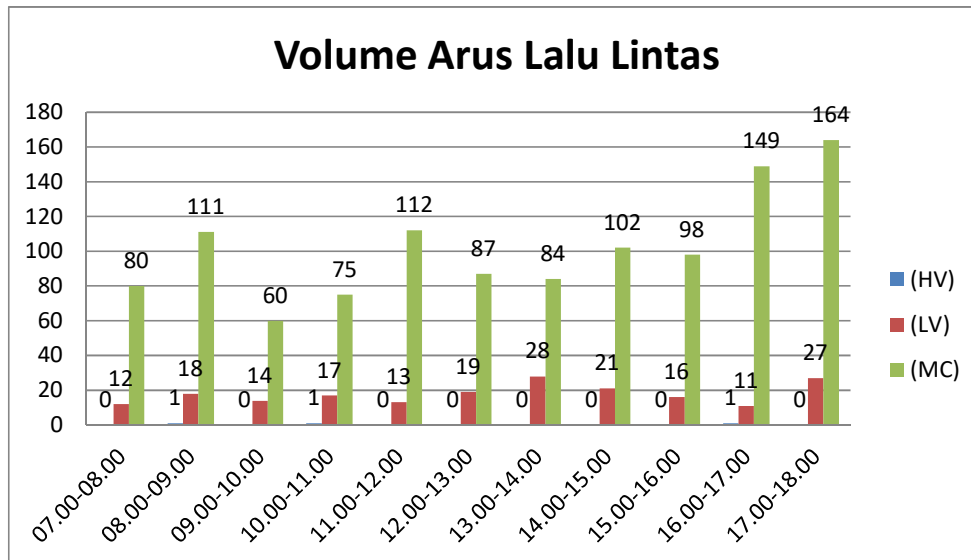
8. Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan andi mappangara arah perumnas ke jalan jendral ahmad yani arah pusat kota parepare.

Tabel 12. Volume arus lalu lintas

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN				
	Kendaraan berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor	Volume Arus Lalulintas	Volume Arus Lalulintas
	(HV)	(LV)	(MC)	(smp/jam)	(Kendaraan/jam)
07.00-08.00	0	12	80	52	92
08.00-09.00	1	18	111	74.8	130
09.00-10.00	0	14	60	44	74
10.00-11.00	1	17	75	55.8	93
11.00-12.00	0	13	112	69	125
12.00-13.00	0	19	87	62.5	106
13.00-14.00	0	28	84	70	112
14.00-15.00	0	21	102	72	123
15.00-16.00	0	16	98	65	114
16.00-17.00	1	11	149	86.8	161
17.00-18.00	0	27	164	109	191
Total	3	196	1122	760.9	1321

Sumber : pengolahan data survey 2024

Setelah dilakukan survey selama satu minggu, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari senin dengan volume kendaraan 1321 sehingga jam puncak di ambil pada hari senin, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah.



Gambar 18. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

Sumber : pengolahan data survey 2024

9. Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan jendral ahmad yani arah sidrap ke jalan andi mappangara arah perumnas

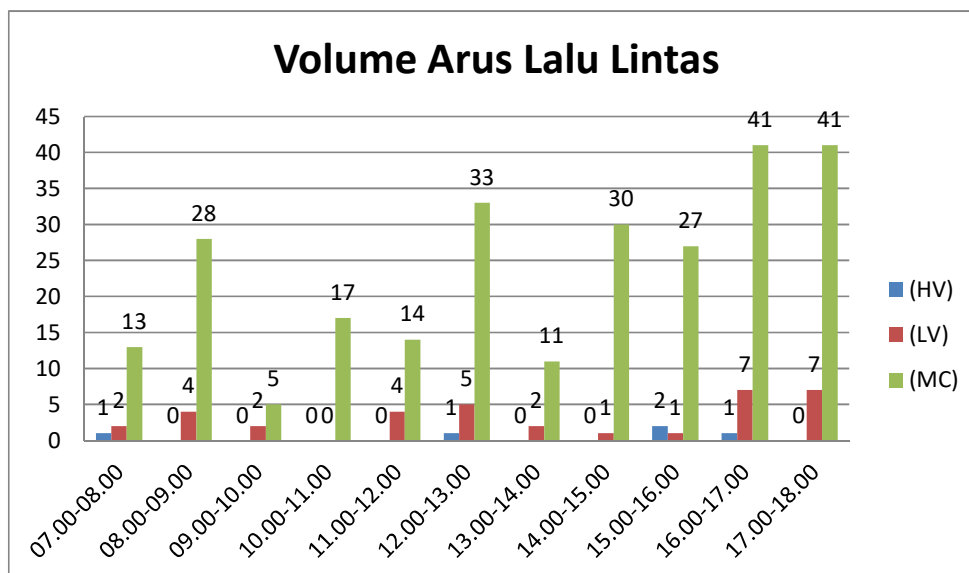
Tabel 13. Volume arus lalu lintas

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN			Volume Arus Lalulintas (smp/jam)	Volume Arus Lalulintas (Kendaraan/jam)
	Kendaraan berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor		
	(HV)	(LV)	(MC)		
07.00-08.00	1	2	13	9.8	16
08.00-09.00	0	4	28	18	32
09.00-10.00	0	2	5	4.5	7
10.00-11.00	0	0	17	8.5	17
11.00-12.00	0	4	14	11	18
12.00-13.00	1	5	33	22.8	39
13.00-14.00	0	2	11	7.5	13
14.00-15.00	0	1	30	16	31
15.00-16.00	2	1	27	17.1	30
16.00-17.00	1	7	41	28.8	49
17.00-18.00	0	7	41	27.5	48

Total	5	35	260	171.5	300
--------------	----------	-----------	------------	--------------	------------

Sumber : pengolahan data survey 2024

Setelah dilakukan survey selama satu minggu, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari Kamis dengan volume kendaraan 300 sehingga jam puncak di ambil pada hari Kamis, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah.



Gambar 19. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

Sumber : pengolahan data survey 2024

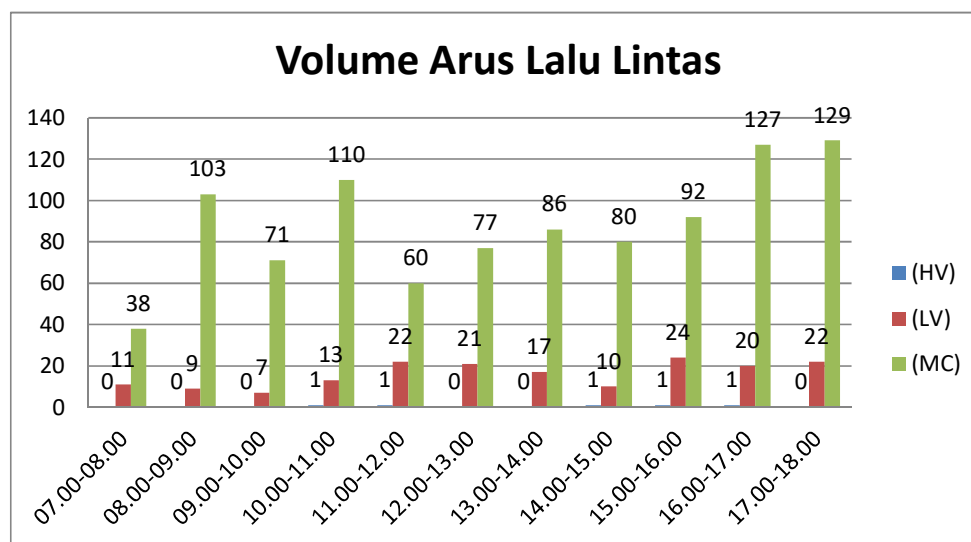
10. Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan andi mappangara arah perumnas ke jalan jendral ahmad yani arah sidrap

Tabel 14. Volume arus lalu lintas

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN				
	Kendaraan berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor	Volume Arus Lalulintas	Volume Arus Lalulintas
	(HV)	(LV)	(MC)	(smp/jam)	(Kendaraan/jam)
07.00-08.00	0	11	38	30	49
08.00-09.00	0	9	103	60.5	112
09.00-10.00	0	7	71	42.5	78
10.00-11.00	1	13	110	69.3	124
11.00-12.00	1	22	60	53.3	83
12.00-13.00	0	21	77	59.5	98
13.00-14.00	0	17	86	60	103
14.00-15.00	1	10	80	51.3	91
15.00-16.00	1	24	92	71.3	117
16.00-17.00	1	20	127	84.8	148
17.00-18.00	0	22	129	86.5	151
Total	5	176	973	669.0	1154

Sumber : pengolahan data survey 2024

Setelah dilakukan survey selama satu minggu, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari senin dengan volume kendaraan 1154 sehingga jam puncak di ambil pada hari senin, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah.



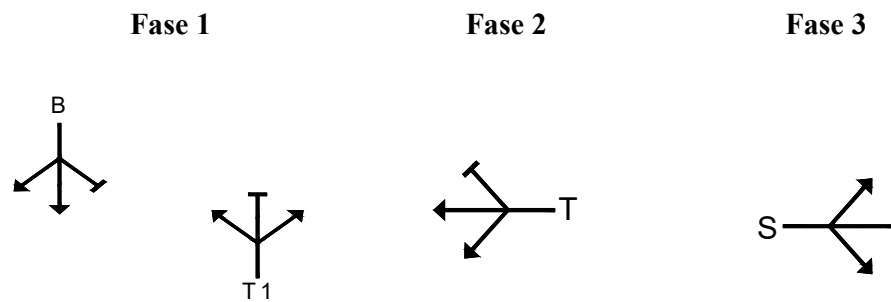
Gambar 20. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

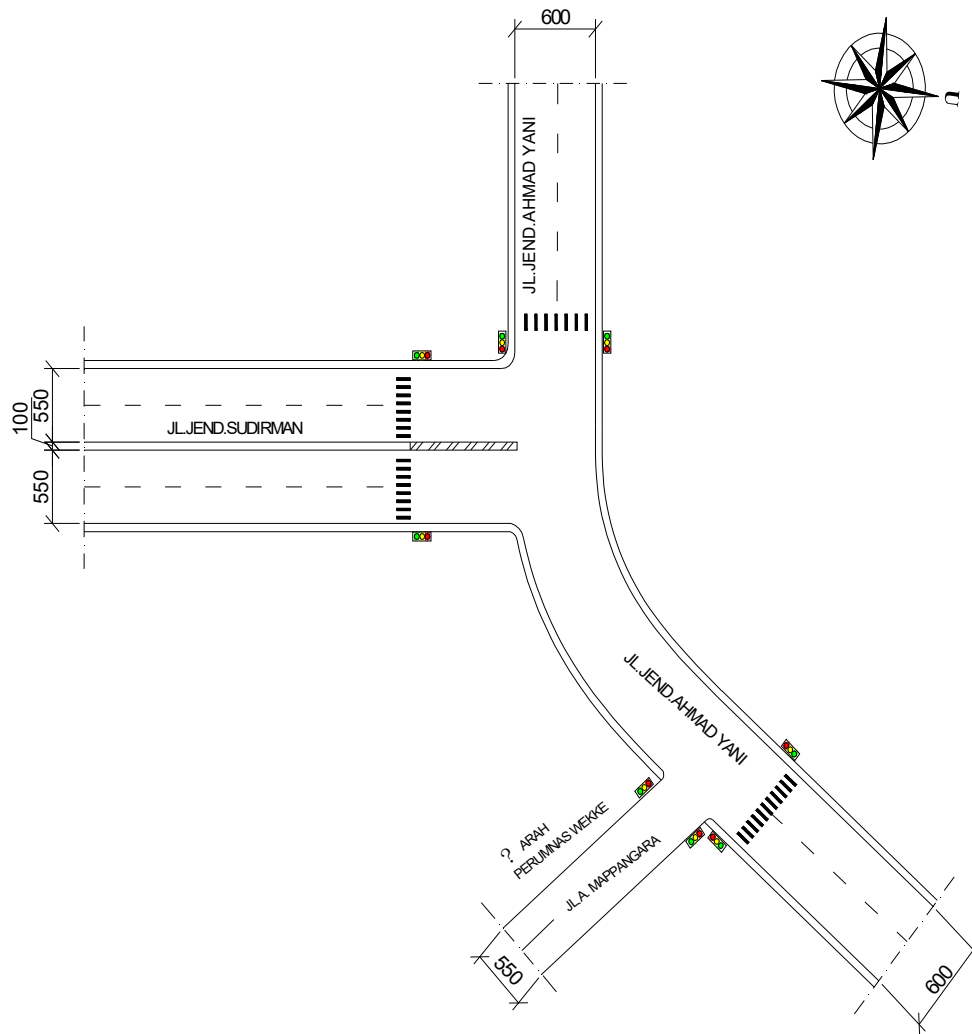
Sumber : pengolahan data survey 2024

Dari hasil pengolahan data hasil survey dengan analisis simpang tiga bersinyal di dapatkan kapasitas dan derajat kejenuhan persimpangan jalan jendral ahmad yani dan jalan jendral sudirman kota parepare.

D. Hasil Pengolahan Data

1. Geometrik persimpangan





Gambar 21. Geometrik persimpangan

Sumber. Hasil survey 2024

2. Kondisi lapangan

Tabel 15. Kondisi lapangan

Pendekat		Pend,WA	Wmasuk	Wkeluar
B	Lingkungan komersial, HS=rendah	6 m	6 m	6 m
T	Lingkungan komersial, HS=rendah	6 m	6 m	6 m
S	Lingkungan komersial, HS=rendah, dengan median	5.5 m	5.5 m	6 m
T1	Lingkungan permukiman, HS=rendah	5.5 m	5.5 m	6 m

Sumber : pengolahan data survey 2024

3. Arus lalu lintas

Arus lalu lintas tiap pendekat harus dikonversi dalam satuan mobil penumpang, dengan memperhatikan pembagian fase, sehingga pendekat tersebut dikategorikan terlawan atau terlindung.

Tabel 16. Perhitungan Arus Lalu Lintas

SIMPANG BERSINYAL

Formulir SIG-II

ARUS LALU LINTAS

Tanggal : Mei 2017

Kota : Parepare

Simpang : Jl. JEND.AHMAD YANI - Jl. JEND.SUDIRMAN

Dibuat oleh : Mukhlis Mustamin

Perihal : 3 FASE

Periode : Jam Puncak Pagi - Sore

Kode Pendekat	Arah	ARUS LALU LINTAS KENDARAAN BERMOTOR (MV)														KEND. TAK BERMOTOR (UM)	
		Kendaraan Ringan (LV)			Kendaraan Berat (HV)			Sepeda Motor (MC)			Kendaraan Bermotor Total (Q _{MV})			Rasio Berbelok		Arus (Q _{UM})	Rasio (Q _{UM}) (Q _{MV})
		emp terlindung = 1,0			emp terlindung = 1,3			emp terlindung = 0,2									
		emp terlawan = 1,0			emp terlawan = 1,3			emp terlawan = 0,4									
		kend/jam	smp / jam		kend/jam	smp / jam		kend/jam	smp / jam		kend/jam	smp / jam		PLTOR	PRT	kend / jam	
terlindung	terlawan		terlindung	terlawan		terlindung	terlawan		terlindung	terlawan							
B	LTLTOR																
	ST	864	864	864	52	68	68	1163	233	465	2079	1164	1397				
	RT	216	216	216	23	30	30	982	196	393	1221	442	639		0.28		
	Total	1080	1080	1080	75	98	98	2145	429	858	3300	1607	2036			0	0
T	LTLTOR	354	354	354	10	13	13	1330	266	532	1694	633	899	0.46			
	ST	317	317	317	46	60	60	1836	367	734	2199	744	1111				
	RT																
	Total	671	671	671	56	73	73	3166	633	1266	3893	1377	2010			0	0
S	LTLTOR	236	236	236	12	16	16	871	174	348	1119	426	600	0.51			
	ST																
	RT	240	240	240	15	20	20	774	155	310	1029	414	569		0.49		
	Total	476	476	476	27	35	35	1645	329	658	2148	840	1169			0	0
T1	LTLTOR	27	27	27	0	0	0	164	33	66	191	60	93	0.56			
	ST																
	RT	22	22	22	0	0	0	129	26	52	151	48	74		0.44		
	Total	49	49	49	0	0	0	293	59	117	342	108	166			0	0

Sumber : pengolahan data survey 2024

4. Rasio berbelok kendaraan bermotor

Dari volume lalu lintas di atas dapat diketahui jumlah belok kiri atau kanan pada setiap pendekat. Rasio belok adalah perbandingan jumlah kendaraan belok terhadap total yang keluar dari pendekat tersebut. Perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 17. Perhitungan rasio berbelok kendaraan bermotor

Pendekat	Plt / ltor	Prt	Pum
B		442/1607=0,28	
T	633/1377=0,46		
S	426/840=0,51	414/840=0,49	
T1	60/108=0,56	48/108=0,44	

Sumber : pengolahan data survey 2024

5. Waktu antar hijau dan waktu hilang

Waktu antar hijau dan waktu hilang mengacu pada MKJI hal 2-44, bahwa titik konflik kritis pada masing masing fase adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua *all red* terbesar. Waktu merah semua dirumuskan :

$$MERAH \quad SEMUA = \left[\frac{(L_{EV} + l_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]_{\max}$$

Dimana : $VEV = VAV = 10$ m/det dan panjang kendaran di asumsi 5 m.

Sehingga perhitungan dapat di tabelkan sebagai berikut :

Tabel 18. Perhitungan waktu antar hijau dan waktu hilang

Pendekat	VEV	Pendekat	U	S	T	B	Allred
		VAV	10	10	10	10	
B	10	Jarak berangkat-datang		10+5-17			
		Waktu berangkat-datang		1,0+0,5-1,7			-0,2
T	10	Jarak berangkat-datang		65+5-17			
		Waktu berangkat-datang		6,5+0,5-1,7			5,3
S	10	Jarak berangkat-datang				17+5-10	
		Waktu berangkat-datang				1,7+0,5-1	1,2

Sumber : pengolahan data survey 2024

Jadi waktu *all red* antar fase adalah :

Fase 1 → fase 2 = 2 detik

Fase 2 → fase 3 = 2 detik

Dengan waktu kuning 3 detik / fase

Waktu hilang total (LTI) = Total all red + total kuning

$$LTI = 4 + 9 = 13$$

6. Penentuan waktu sinyal

Pendekat barat (terlawan, comersial, HS sedang)

Tabel 19. Perhitungan arus jenuh

Pendekat barat (terlawan, comersial, HS rendah, PUM=0,00)		
So	WE=6,0 ; Prt=0,28 sehingga diambil dari gb.C-3:2 MKJI hal. 2-51	3600
Fcs	Penduduk termasuk kategori 0,5-1,0 juta jiwa	0,83
Fsf	Terlawan, Komersial, hambatan samping rendah sehingga di interfolasi PUM 0,00	0,95
Fg	Penyesuaian untuk kelandaian	1,00
Fp	Tidak ada catatan mengenai kendaraan parkir di kaki samping	0,00
FRT	PRT=0,26 ;terlindung; 2 arah WE ditentukan oleh lebar masuk. Sehingga tidak perlu adanya penyusaian.	1,07
S	$3600 \times 0,83 \times 0,95 \times 1,00 \times 1,07$	3042
Q/S	639/3042	0,210

Sumber : pengolahan data survey 2024

Pendekat timur (terlindung, comersial, HS rendah, PUM=0,00)

Tabel 20. Perhitungan arus jenuh

So	WE=6,0 ; Plt=0,46 sehingga diambil dari gb.C-3:2 MKJI hal. 2-51	3600
Fcs	Penduduk termasuk kategori 0,5-1,0 juta jiwa	0,83
Fsf	Terlindung, Komersial, hambatan samping rendah sehingga di interfolasi PUM 0,00	0,95
Fg	Penyesuaian untuk kelandaian	1.00
Fp	Tidak ada catatan mengenai kendaraan parkir di kaki samping	
FLT	PLT=0,46 ;terlindung; ; 2 arah WE ditentukan oleh lebar masuk. Sehingga tidak perlu adanya penyesuaian	0,93
S	$3600 \times 0,83 \times 0,95 \times 1,00 \times 0,93$	2630

Q/S	744/2630	0,283
-----	----------	-------

Sumber : pengolahan data survey 2024

Pendekat selatan (terlindung, comersial, HS rendah, PUM=0)

Tabel 21. Perhitungan arus jenuh

So	WE=5,5 ; Plt=0,51 dan Prt=0,49 sehingga diambil dari gb.C-3:2 MKJI hal. 2-51	3300
Fcs	Penduduk termasuk kategori 0,5-1,0 juta jiwa	0,83
Fsf	Terlindung, Komersial, hambatan samping rendah sehingga diinterfolasi PUM 0,00	0,95
Fg	Penyesuaian untuk kelandaian	1,00
Fp	Tidak ada catatan mengenai kendaraan parkir di kaki samping	
FRT	PRT=0,49 ;terlindung; dengan median ; 1 arah WE ditentukan oleh lebar masuk. Sehingga tidak perlu adanya penyusaian	1,13
FLT	PLT=0,51 ;terlindung; dengan median ; 1 arah WE ditentukan oleh lebar masuk. Sehingga tidak perlu adanya penyesuaian	0,92
S	$3300 \times 0,83 \times 0,95 \times 1,00 \times 0,92$	2391
Q/S	600/2391	0,251

Sumber : pengolahan data survey 2024

Pendekat timur dari arah perumnas(terlawan, comersial, HS rendah,

PUM=0,00)

Tabel 22. Perhitungan arus jenuh

So	WE=5,5 ; Prt=0,44 dan Plt=0,56 sehingga diambil dari gb.C-3:2 MKJI hal. 2-51	3300
Fcs	Penduduk termasuk kategori 0,5-1,0 juta jiwa	0,83
Fsf	Terlindung, Komersial, hambatan samping rendah sehingga diinterfolasi PUM 0,00	0,95
Fg	Penyesuaian untuk kelandaian	1,00
Fp	Tidak ada catatan mengenai kendaraan parkir di kaki samping	
FRT	PRT=0,44 ;terlawan; 2 arah WE ditentukan oleh lebar masuk. Sehingga tidak adanya penyusaian	1,12
FLT	PLT=0,56 ;terlawan; 2 arah WE ditentukan oleh lebar masuk. Sehingga tidak perlu adanya penyesuaian	0,91
S	$3300 \times 0,83 \times 0,95 \times 1,00 \times 1,12 \times 0,91$	2446
Q/S	166/2446	0,068

Sumber : pengolahan data survey 2024

7. Kapasitas dan derajat kejenuhan

Tabel 23.Perhitungan penentuan IFR

Fase 1	Fase 2	Fase 3
FR Barat : 0,210	FR Timur : 0,283	FR Selatan : 0,251
FR Timur 1 : 0,068		
	IFR	$= 0,210 + 0,283 + 0,251$ $= 0,744$

Sumber : pengolahan data survey 2024

Dan waktu siklus pra penyesuaian; $c = 1,5 \times LTI + 5 / 1 - IFR$

$$= 1,5 \times 13 + 5 / 1 - 0,744$$

$$= 96$$

Sehingga waktu tiap fase adalah ;

Tabel 24. Perhitungan penentuan waktu hijau tiap fase

$G = PR \times (co - LTI)$	$G = PR \times (co - LTI)$	$G = PR \times (co - LTI)$
$= 0,210/0,744 \times (96 - 13)$	$= 0,283/0,744 \times (96 - 13)$	$= 0,251/0,744 \times (96 - 13)$
$= 23 \text{ detik}$	$= 31 \text{ detik}$	$= 28 \text{ detik}$
Barat = 23 detik Timur 1 = 23 detik	Timur = 31 detik	Selatan = 28 detik

Sumber : pengolahan data survey 2024

Dari nilai waktu hijau dapat di hitung waktu siklus yang telah di sesuaikan adalah :

$$C = (Tot G + LTI)$$

$$C = 82 + 13 = 95 \text{ detik}$$

Berdasarkan data sinyal lampu lalu lintas pada persimpangan Jl.Jendral ahmad yani – Jl.Jendral sudirman menggunakan sistem pengaturan lampu lalu lintas dengan 2 fase dan Waktu siklus sebesar 53 detik

Tabel 25. Data sinyal Jl.Jend. Ahmad Yani – Jl.Jend Sudirman

Fase	Jalan Pendekat	Waktu (Merah)	Waktu (Kuning)	Waktu (Hijau)
1	Jl.Jendral Ahmad Yani (Barat - Timur)	28 detik	3 detik	22 detik
2	Jl.Jendral Sudirman (Selatan) - Jl.Andi Mappangara (Timur1)	28 detik	3 detik	22 detik

Sumber : Hasil survey dilapangan 2024

Dan dari hasil perhitungan penentuan fase sinyal pada persimpangan Jl.Jendral ahmad yani – Jl.Jendral sudirman dengan menggunakan 3 fase dan waktu siklus yang telah disesuaikan 95 detik,

Tabel 26. Waktu sinyal Jl.Jend. Ahmad Yani – Jl.Jend Sudirman

Fase	Jalan Pendekat	Waktu (Merah)	Waktu (Kuning)	Waktu (Hijau)
1	Jl.Jendral Ahmad Yani (Barat) - Jl.Andi Mappangara (Timur1)	69 detik	3 detik	23 detik
2	Jl.Jendral Ahmad Yani (Timur)	61 detik	3 detik	31 detik
3	Jl.Jendral Sudirman (Selatan)	64 detik	3 detik	28 detik

Sumber : pengolahan data survey 2024

Dengan demikian kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat dapat di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Rumus kapasitas : $S \times g/c$ Rms (32 hal 2-61 mkji)

Rumus derajat kejenuhan : Q/C Rms (32 hal 2-61 mkji)

Tabel 27.Perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan

Pendekat	Kapasitas smp/jam	Derajat Kejenuhan (DS)
Barat	$C = 3042 \times (23/95)$ $C = 741,95$	$Q/C = 639/741,95$ $= 0,86$
Timur	$C = 2630 \times (31/95)$ $C = 864,28$	$Q/C = 744/864,28$ $= 0,86$

Selatan	$C = 2391 \times (28/95)$ $C = 697$	$Q/C = 600/697$ $= 0,86$
Timur arah perumnas	$C = 2446 \times (23/95)$ $C = 596,51$	$Q/C = 166/596,51$ $= 0,28$

Sumber : pengolahan data survey 2024

8. Antrian dan tundaan

a. Perhitungan antrian kendaraan di persimpangan

Tabel 28. Perhitungan antrian

	Barat	Timur	Selatan	Timur 1
Rasio Hijau (GR)	$= g/c$ $= 23/95$ $= 0,244$	$= 31/95$ $= 0,329$	$= 28/95$ $= 0,292$	$= 23/95$ $= 0,244$
NQ1	$NQ1 = 0,25 \times C$ $\times [(DS-1) +$ $\sqrt{(DS-1)^2 + (8 \times$ $DS - 0,5)/C}]$ $NQ1 = 0,25 \times$ $741,95 \times [(0,86-1)$ $+ \sqrt{(0,86-1)^2 + (8$ $\times 0,86 - 0,5) /$ $741,95] = 2,47$	$NQ1 = 0,25 \times C$ $\times [(DS-1) +$ $\sqrt{(DS-1)^2 + (8 \times$ $DS - 0,5)/C}]$ $NQ1 = 0,25 \times$ $864,28 \times [(0,86-$ $1) + \sqrt{(0,86-1)^2 +$ $(8 \times 0,86 - 0,5) /$ $864,28] = 2,49$	$NQ1 = 0,25 \times C$ $\times [(DS-1) +$ $\sqrt{(DS-1)^2 + (8 \times$ $DS - 0,5)/C}]$ $NQ1 = 0,25 \times$ $697 \times [(0,86 - 1)$ $+ \sqrt{(0,86-1)^2 + (8$ $\times 0,86 - 0,5) /$ $697] = 2,47$	$NQ1 = 0,25 \times C$ $\times [(DS-1) +$ $\sqrt{(DS-1)^2 + (8 \times$ $DS - 0,5)/C}]$ $NQ1 = 0,25 \times$ $596,51 \times [(0,28-1)$ $+ \sqrt{(0,28-1)^2 + (8$ $\times 0,28 - 0,5) /$ $596,51] = -0,31$
NQ2	$NQ2 = c \times [1-$ $GR/(1-GR \times$ $DS)] \times (Q \times$ $3600)$	$NQ2 = c \times [1-$ $GR/(1-GR \times$ $DS)] \times (Q \times$ $3600)$	$NQ2 = c \times [1-$ $GR/(1-GR \times$ $DS)] \times (Q \times$ $3600)$	$NQ2 = c \times [1-$ $GR/(1-GR \times$ $DS)] \times (Q \times$ $3600)$

	$NQ2 = 95 \times [1 - 0,244 / (1 - 0,244 \times 0,86)] \times (639 \times 3600) = 16,24$	$NQ2 = 95 \times [1 - 0,329 / (1 - 0,329 \times 0,86)] \times (744 \times 3600) = 18,50$	$NQ2 = 95 \times [1 - 0,292 / (1 - 0,292 \times 0,86)] \times (600 \times 3600) = 15,08$	$NQ2 = 95 \times [1 - 0,244 / (1 - 0,244 \times 0,28)] \times (166 \times 3600) = 3,58$
Total NQ	$2,47 + 16,24 = 18,71$	$2,49 + 18,50 = 20,99$	$2,47 + 15,08 = 17,54$	$-0,31 + 3,58 = 3,27$
NQmaks	Dari gb E-2:2 MKJI dg poL 5% dan NQ = 18,71 didapat = 32	Dari gb E-2:2 MKJI dg poL 5% dan NQ = 20,99 didapat = 36	Dari gb E-2:2 MKJI dg poL 5% dan NQ = 17,54 didapat = 30	Dari gb E-2:2 MKJI dg poL 5% dan NQ = 3,27 didapat = 8
QL panjang antrian (m)	$QL = (NQ_{maks} \times 20) W_{masuk} = 32 \times 20 / 6 = 107$	$QL = (NQ_{maks} \times 20) W_{masuk} = 36 \times 20 / 6 = 120$	$QL = (NQ_{maks} \times 20) W_{masuk} = 30 \times 20 / 5,5 = 109$	$QL = (NQ_{maks} \times 20) W_{masuk} = 8 \times 20 / 5,5 = 29$
NS (rasio kend stop)	$NS = 0,9 \times (NQ / (Q \times c)) \times 3600$ $NS = 0,9 \times (18,71 / (639 \times 95)) \times 3600 = 0,99$	$NS = 0,9 \times (NQ / (Q \times c)) \times 3600$ $NS = 0,9 \times (20,99 / (744 \times 95)) \times 3600 = 0,96$	$NS = 0,9 \times (NQ / (Q \times c)) \times 3600$ $NS = 0,9 \times (17,54 / (600 \times 95)) \times 3600 = 0,99$	$NS = 0,9 \times (NQ / (Q \times c)) \times 3600$ $NS = 0,9 \times (3,27 / (166 \times 95)) \times 3600 = 0,67$
Nsv, jumlah kend.stop	$Nsv = Q \times NS$ $= 639 \times 0,99$ $= 634$	$Nsv = Q \times NS$ $= 744 \times 0,96$ $= 711$	$Nsv = Q \times NS$ $= 600 \times 0,99$ $= 594$	$Nsv = Q \times NS$ $= 166 \times 0,67$ $= 111$
Total kend.stop	2050 smp/jam		$Q_{tot} = (639 + 744 + 600 + 166) +$ $LTOR(\text{semua}) = 3268$ $Kend\ terhenti\ rata\ rata = 2050 / 3268$ $= 0,63$	

Sumber : pengolahan data survey 2024

b. Perhitungan tundaan kendaraan di persimpangan

Tabel 29. Perhitungan tundaan

Pendekat	DT	DG	D(dtk/smp)
Barat	$= 95 \times 0,5 \times ((1-0,244)^2 / (1-0,244 \times 0,86)) + (2,47 \times 3600 / 741,95 = 46,61$	$DG = (1-0,99) \times (0,28 \times 6 + (0,99 \times 4) = 3,98$	$= 46,61 + 3,98 = 50,59$
Timur	$= 95 \times 0,5 \times ((1-0,329)^2 / (1-0,329 \times 0,86)) + (2,49 \times 3600 / 864,28 = 40,43$	$DGj = (1-0,96) \times 0,46 \times 6 + (0,96 \times 4) = 3,95$	$= 40,43 + 3,95 = 44,37$
Selatan	$= 95 \times 0,5 \times ((1-0,292)^2 / (1-0,292 \times 0,86)) + (2,47 \times 3600 / 697 = 44,79$	$DGj = (1-0,99) \times (0,51+0,49) \times 6 + (0,99 \times 4) = 4,02$	$= 44,79 + 4,02 = 48,81$
Timur 1	$= 95 \times 0,5 \times ((1-0,244)^2 / (1-0,244 \times 0,28)) + (-0,31 \times 3600 / 596,51 = 27,47$	$DGj = (1-0,67) \times (0,56+0,44) \times 6 + (0,67 \times 4) = 4,66$	$= 27,47 + 4,66 = 32,14$

Sumber : pengolahan data survey 2024

Sehingga tundaan total tiap pendekat adalah :

Tabel 30. Perhitungan tundaan total tiap pendekat

Pendekat	Tundaan total D x Q	Tundaan simpang rata rata
B	$50,59 \times 639 = 32311$	$D1 = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{tot}}$ $(32311 + 33013 + 29284 + 5341) + 6712 / 3268$ $= 33 \text{ detik/smp}$
T	$44,37 \times 744 = 33013$	
S	$48,81 \times 600 = 29284$	
T1	$32,14 \times 166 = 5341$	

Sumber : pengolahan data survey 2024

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil study analisis simpang bersinyal pada simpang tiga jalan jendral ahmad yani dan jalan jendral sudirman Kota Parepare dapat di rangkum beberapa temuan kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisis penentuan waktu sinyal pada persimpangan jalan jendral ahmad yani dan jalan jendral sudirman adapun penentuan waktu sinyal yaitu untuk fase 1 Barat dan Timur (arah perumnas) waktu merah 69 detik, kuning 3 detik, hijau 23 detik fase 2 timur waktu merah 61 detik, kuning 3 detik, hijau 31 detik, dan selatan waktu merah 64 detik, kuning 3 detik, hijau 28 detik.
2. Analisis antrian setelah dilakukan alternatif simpang bersinyal pada persimpangan jalan jendral ahmad yani – jalan jendral sudirman, total kendaraan berhenti pada simpang adalah 2050 smp/jam dan tundaan simpang rata rata di persimpangan jalan jendral ahmad yani dan jalan jendral sudirman adalah =33 detik/smp.

B. Saran – Saran

Berdasarkan kesimpulan dan temuan dalam studi ini dapat disampaikan beberapa saran yaitu:

1. Dari segi geometrik jalan yaitu dengan menambah kapasitas jalan dalam hal ini melakukan pelebaran jalan ataupun menambah lebar efektif jalan pada persimpangan.
2. Dari segi pengaturan lampu lalu lintas perlu dilakukan peninjauan kembali seperti dengan merubah waktu siklus dikarenakan tundaan yang besar diakibatkan panjangnya waktu siklus.

DAFTAR PUSTAKA

- Tamin, O. Z., 2008. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi Edisi Kesatu Contoh Soal dan Aplikasi. Penerbit ITB, Bandung.
- Rompas., R. S., 2010. Kinerja Lalu Lintas Jalan Pada Persimpangan Bersignal, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Abubakar, 1999. "Rekayasa Lalu Lintas", Cetakan Pertama, Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas Angkutan Kota, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta.
- Clarkson, Oglesby. dkk (1988), Teknik Jalan Raya (Edisi keempat), Erlangga, Jakarta
- Salter, R.J., 1978. *Highway Traffic Analysis and Design.*, Published by The Macmillan Press Ltd.
- Zegeer, C.V. dan Deen, R.C., 1978. *Traffic Conflict As A Diagnostic Tool in Highway Safety, Transportation Research Record 667*, Transportation Research Board, Washington, D.C, USA.
- Depertemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997), Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Dirjen Bina Marga; Jakarta.
- Direktorat Jendral Perhubungan Darat. (1999). Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Lalu Lintas di Wilayah Perkotaan. Dirjen Bina Marga; Jakarta.
- D., Hobbs, F. (1995). Z Perencanaan dan Teknik Lalu lihtas, Gadjah Mada University Press; Yogyakarta.
- Farida Juwita, ST, MT, 2011. Analisis Kinerja Simpang Berlampu Lalu Lintas (Studi Kasus pada Simpang Ruas Jalan Sultan Agung). Jurnal Dosen Tetap Yayasan Univ. Sang Bumi Ruwa Jurai.
- Ivan JF Sitanggang, Humala (2007). Rencana Pengadaan Sistem Traffic Light pada Persimpangan. Universitas Sumatera Utara; Medan
- Kwintaryana W, Putu, 2000, Koordinasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas. Tesis Bidang khusus Rekayasa Transportasi Program Studi Rekayasa Sipil Program Pasca Sarjana Institut Teknologi; Bandung.
- Morlok Edwar K. 1995. Pengantar teknik dan perencanaan, Erlangga, jakarta

- Nugroho, Dewi Adhi, (2008). Analisis Penerapan Belok Kiri Langsung Terhadap Tundaaan Lalu Lintas Pada Pendekat Persimpangan Bersinyal. Universitas Diponegoro; Semarang.
- Phd,Purnawan, (2008), Rekayasa Lalu Lintas, Transportasi Jurusan Teknik Sipil, Universitas andalas; Padang.
- Shirley, L. Hendarsin, (2000). Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, Politeknik Negeri Bandung Jurusan Teknik Sipil; Bandung.
- Sukirman, Silvia, (1999). Dasar - Dasar Perencanaan Geometrik Jalan. Nova; Bandung.
- Soedidjo, Titi Liani, 2002. Rekayasa Lalu Lintas; Bandung.
- Warpani, Suwardjoko. (2002). Pengelolaan Lalu lintas dan Angkutan Jalan. ITB; Bandung.
- Widiansyah, A.F.2002.Studi Optimalisasi Persimpangan di Sepanjang Jalan AmbenganSurabaya.Surabaya:Tidak Dipublikasikan
- Webster, F.V. and Cobbe, B. M., 1966, Road Reserarch Technical Paper No. 56. Ministry of Transport.London.
- Ansyori,A. A. 2005. *Rekayasa Lalu-Lintas*. Muhammadiyah Malang University Press, Malang.
- Bambang, Haryadi. *Penundaan di Persimpangan Bersinyal Bercabang Banyak*. Fakultas Teknik,Universitas Negeri Semarang.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Sweroad bekerja sama dengan PT. Bina Karya, Jakarta.
- Hartom. 2005. *Perencanaan Teknik Jalan I*. Up pres, Jakarta.
- Khisty,C.J.2003.*Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*.Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Putranto, L.S, 2008. *Rekayasa Lalu Lintas*. PT. Macanan Jaya Cemerlang, Jakarta.
- Sinuhaji, Christ A. V. 2007. *Analisa Penentuan Fase dan Waktu Siklus Optimum Pada Lalu Lintas diPersimpangan Jalan*. Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Soedirjo, T.L. 2002. *Rekayasa Lalu-Lintas*. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, Bandung.
- Widiantono, D. J. 2009. *Kebijakan dan Strategi Penanganan Kemacetan Lalulintas di Perkotaan*. Ditjen Penataan Ruang. Jakarta.

Kwintaryana W., *Koordinasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas Dengan Metode Optimasi Offset dan Program Transyt*, Prosiding Simposium III FSTPT UGM Yogyakarta, 2001

Direktorat Pembinaan Jalan Kota, *Tata Cara Pelaksanaan Survey Perhitungan Lalu Lintas Cara Manual No. 001/BNKT/1990*, dan *Tata Cara Pelaksanaan Survey Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas No. 016/BNKT/1990, 8-10*, Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990

Iskandar A., *Menuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Yang Tertib*, 41-51, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta, 19