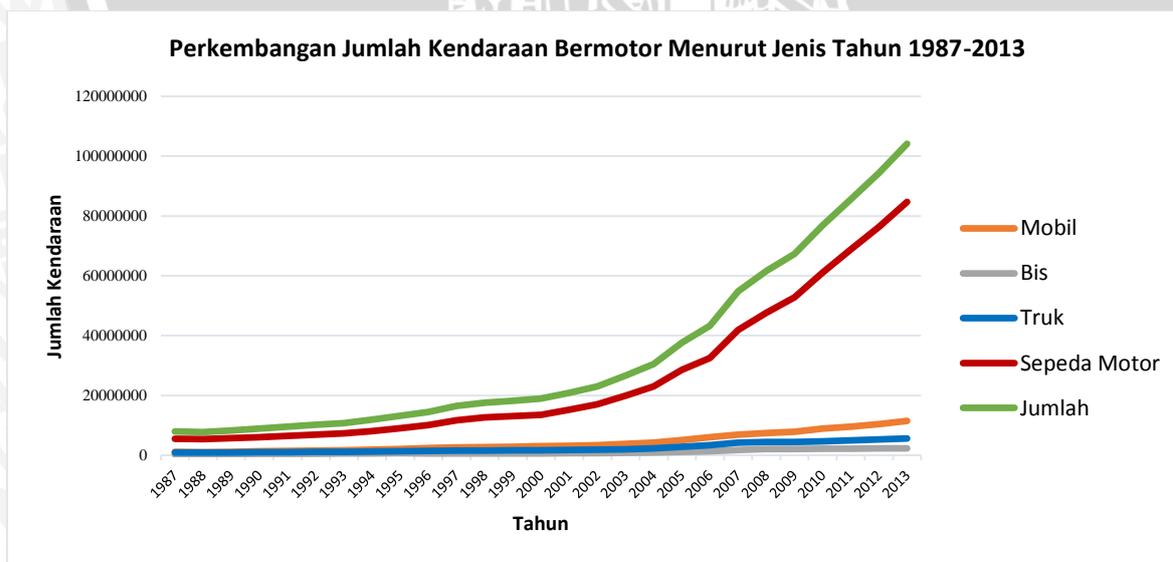


BAB I PENDAHULUAN

Sebelum melaksanakan penelitian, perlu ditentukan dasar pelaksanaan penelitian. Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang mengapa permasalahan ini diangkat, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan asumsi.

1.1 Latar Belakang

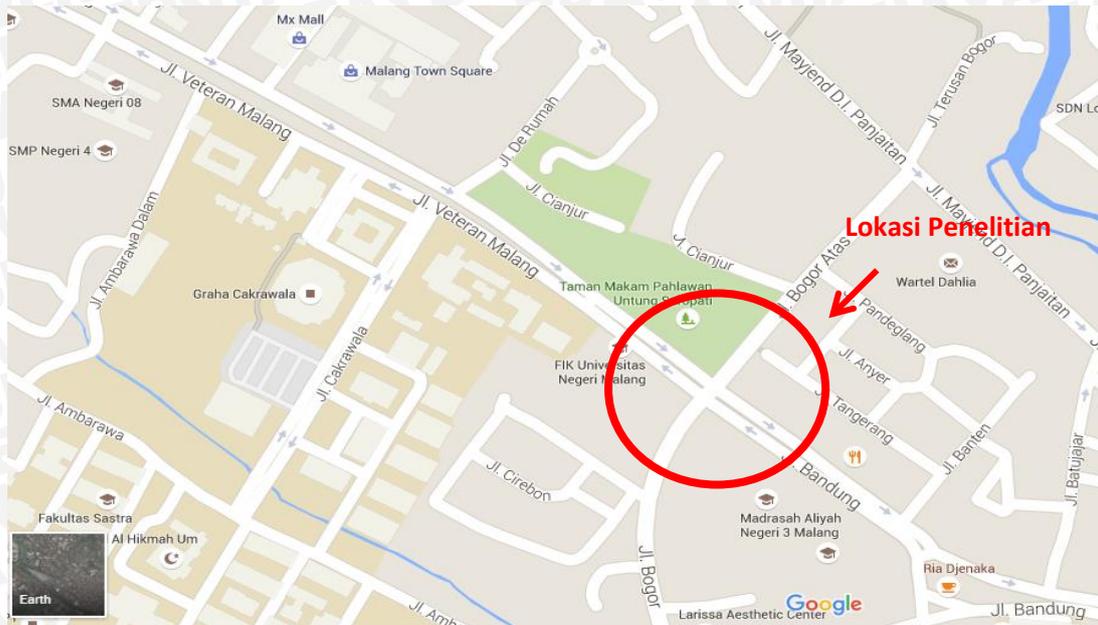
Transportasi adalah sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan (Nasution, 2008). Pada saat ini, alat untuk melakukan transportasi makin banyak dibutuhkan untuk melakukan aktivitas, sehingga menyebabkan peningkatan pertumbuhan alat transportasi dan keinginan untuk memiliki alat transportasi sendiri agar lebih memudahkan untuk melakukan aktivitas. Seiring dengan pertumbuhan penduduk di suatu kota, pertumbuhan alat transportasi ini mulai memunculkan masalah, termasuk di kota besar. Gambar 1.1 merupakan tabel pertumbuhan jumlah kendaraan tahun 1987-2013. dimana makin bertambah tahun, jumlah kendaraan makin bertambah pula, bisa dilihat dari tahun 2012 ke tahun 2013 terjadi peningkatan sebesar 9.745.645 untuk semua jenis kendaraan.



Gambar 1.1 Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Menurut Jenis Tahun 1987-2013
Sumber: Kantor Kepolisian Republik Indonesia (2015)

Di kota besar yang memiliki jumlah penduduk yang banyak, penggunaan alat transportasi menyebabkan makin padatnya arus lalu lintas di jalan raya. Kemacetan lalu lintas merupakan keadaan yang sering terjadi di beberapa kota. Potensi timbulnya kemacetan lalu lintas pada suatu titik tertentu di suatu kota dapat terjadi seiring pertambahan jumlah penduduk yang diiringi dengan pertumbuhan jumlah kendaraan transportasi sehingga menyebabkan makin padatnya arus lalu lintas. Kemacetan lalu lintas juga disebabkan oleh banyaknya jumlah kendaraan yang melewati jalan raya namun volume jalan raya tidak dapat menampung banyaknya kendaraan. Kurang optimalnya pengaturan waktu lampu lalu lintas juga dapat menyebabkan timbulnya kemacetan.

Kota Malang merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang sedang melakukan perkembangan kota yang cukup pesat. Perkembangan Kota Malang ditandai dengan makin membaiknya jalan raya, sekolah, pusat perbelanjaan, gedung-gedung, tempat wisata, dan universitas. Hal ini menyebabkan ketertarikan penduduk luar kota untuk datang bahkan menetap di Kota Malang. Ketertarikan ini menyebabkan makin bertambahnya kepadatan penduduk di Kota Malang. Makin bertambahnya jumlah penduduk maka menyebabkan bertambahnya juga jumlah kendaraan di Kota Malang. Hal ini merupakan penyebab terjadinya kemacetan lalu lintas di Kota Malang. Salah satu titik kemacetan lalu lintas di Kota Malang adalah di Persimpangan Bogor Veteran. Persimpangan ini dikatakan memiliki potensi kemacetan karena persimpangan ini merupakan persimpangan yang sering dilalui untuk melakukan aktivitas. Selain itu, di persimpangan ini terdapat beberapa faktor penyebab kemacetan yaitu terdapat beberapa universitas dan sekolah yang memiliki banyak mahasiswa dan murid, seperti Universitas Brawijaya, FIK Universitas Negeri Malang, Wearness LPK, dan Madrasah Aliyah Negeri 3 Malang. Kemudian terdapat pusat perbelanjaan seperti MX Mall dan Malang Town Square yang menjadi tempat perbelanjaan yang sering dikunjungi di Kota Malang sehingga menambah kepadatan lalu lintas di Persimpangan Bogor Veteran. Pada Gambar 1.2 menunjukkan lokasi dari Persimpangan Bogor Veteran.



Gambar 1.2 Peta lokasi Persimpangan Bogor Veteran
Sumber : Google Maps (2015)

Antrian kendaraan yang panjang (meter) merupakan permasalahan yang muncul saat terjadi kemacetan di persimpangan. Antrian adalah ilmu pengetahuan tentang bentuk antrian dan merupakan orang-orang atau barang dalam barisan yang sedang menunggu untuk dilayani atau meliputi bagaimana perusahaan dapat menentukan waktu dan fasilitas yang sebaik-baiknya agar dapat melayani pelanggan dengan efisien (Heizer dan Render, 2006). Kejadian antrian pada persimpangan Bogor Veteran timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga kendaraan yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan. Pada Gambar 1.3 merupakan antrian yang terjadi pada Persimpangan Bogor Veteran. Berdasarkan observasi awal yang sudah dilakukan, pada Persimpangan Bogor Veteran dapat terjadi antrian yang menyebabkan kendaraan harus menunggu sampai lebih dari 3 kali waktu siklus lampu lalu lintas. Selain itu, diketahui pula bahwa antrian kendaraan di Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang mencapai titik puncaknya pada pagi hari antara pukul 06.00-08.00 WIB, siang hari antara pukul 11.00-14.00 WIB, dan sore hari antara pukul 16.00-18.00 WIB

Perbaikan arus lalu lintas di Persimpangan Bogor Veteran perlu dilakukan untuk mengurangi masalah antrian kendaraan yang panjang di Persimpangan Bogor Veteran. Namun, apabila melakukan eksperimen perbaikan secara langsung maka akan menghambat arus lalu lintas di Persimpangan Bogor Veteran. Sehingga diperlukan alat bantu untuk merekayasa dan mengevaluasi arus lalu lintas di persimpangan.



Gambar 1.3 Antrian Persimpangan Bogor Veteran

Simulasi merupakan proses perancangan model dari suatu sistem nyata dan pelaksanaan eksperimen. Eksperimen dengan model ini bertujuan untuk memahami tingkah laku sistem atau untuk menyusun strategi (dalam suatu batas yang ditentukan oleh satu atau beberapa kriteria) sehubungan dengan sistem operasi tersebut (Djati, 2007: 10). Pendekatan simulasi dapat digunakan untuk merencanakan, menganalisa, dan memberikan solusi sebelum diterapkan dalam sistem nyata. Simulasi untuk merencanakan lalu lintas di Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang dapat menggunakan *ARENA Software*. Menurut Kelton (2009), *ARENA Software* ini menyediakan alternatif model simulasi grafik dan model simulasi analisis yang dapat dikombinasikan untuk menciptakan model-model simulasi yang cukup luas dan bervariasi. *ARENA Software* memiliki kemampuan membuat skenario untuk menciptakan beberapa alternatif keputusan sebagai alternatif perbaikan untuk mengevaluasi arus lalu lintas di Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat diidentifikasi permasalahan yang terjadi sebagai berikut:

1. Tingkat kepadatan arus lalu lintas di Persimpangan Bogor Veteran cukup tinggi dan menimbulkan kemacetan lalu lintas pada pagi hari antara pukul 06.00-08.00 WIB, siang hari antara pukul 11.00-14.00 WIB, dan sore hari antara pukul 16.00-18.00 WIB.
2. Waktu tunggu antrian kendaraan yang terlalu lama dan waktu siklus lampu lalu lintas yang tidak seimbang dengan volume kendaraan di Persimpangan Bogor Veteran.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, maka permasalahan pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang skenario untuk mengatasi kemacetan di Persimpangan Bogor Veteran?
2. Bagaimana skenario terbaik berdasarkan perbaikan model simulasi yang sudah dibuat untuk mengurangi waktu tunggu antrian di Persimpangan Bogor Veteran?

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperoleh analisis yang baik dan agar analisis lebih terarah maka diperlukan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melalui persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang diambil dari Laboratorium Transportasi Teknik Sipil Universitas Brawijaya pada hari Senin tahun 2015.
2. Penelitian ini tidak membahas biaya.
3. Waktu pengambilan data adalah setiap hari Senin dari bulan September sampai Maret 2015.
4. Data yang diamati adalah data di Persimpangan Jalan Bogor Veteran, Kota Malang.

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak terjadi perubahan kebijakan dan peraturan penggunaan jalan raya.
2. Tidak ada kendaraan yang meninggalkan sistem setelah memasuki antrian.
3. Tidak ada kendaraan yang berhenti kecuali di persimpangan tersebut.
4. Tidak ada gangguan yang terjadi pada sistem akibat kecelakaan, kerusakan, dan perubahan cuaca.
5. Kendaraan yang memasuki antrian mengantri dengan tertib dan tidak melanggar aturan lalu lintas.
6. Tidak dipengaruhi rambu-rambu lalu lintas selain *traffic light*.
7. Data pada hari senin diasumsikan dapat mewakili data pada hari senin sampai kamis.

1.6 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebelumnya, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Kajian ini bertujuan merancang skenario untuk mengatasi kemacetan di Persimpangan Bogor Veteran, Malang.
2. Kajian ini bertujuan menentukan skenario terbaik untuk mengurangi waktu tunggu antrian di Persimpangan Bogor Veteran, Malang.

1.7 Manfaat Penelitian

Dari pelaksanaan penelitian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat sebagai berikut.

1. Memberikan solusi untuk permasalahan kemacetan di Persimpangan Bogor Veteran, Malang dengan mempertimbangkan dampaknya di lapangan jika solusi dijalankan.
2. Mengurangi waktu tunggu antrian kendaraan di Persimpangan Bogor Veteran, Malang.
3. Bagi penulis merupakan suatu cara untuk memperdalam ilmu teknik industri, sistem lalu lintas, dan *tools* yang digunakan.
4. Bagi pihak akademisi dapat digunakan sebagai referensi dalam menerapkan ilmu pengetahuan dan metode serupa yang telah diperoleh.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang dilaksanakan, diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang dipermasalahkan dalam penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu memaparkan beberapa konsep relevan yang berhubungan dengan penelitian ini. Rangkuman penelitian terdahulu dan perbandingan dengan penelitian saat ini terdapat pada Tabel 2.1.

1. Masrul (2010) melakukan penelitian pada Perempatan Pingit Yogyakarta dengan menggunakan metode simulasi menggunakan software Arena untuk mencari strategi pengaturan durasi lalu lintas. Setelah dilakukan eksperimen terhadap model simulasi perempatan Pingit, maka diperoleh strategi pengaturan durasi lalu lintas. Perbandingan waktu tunggu antrian maksimum antara model awal dengan model usulan menunjukkan penurunan dengan presentase 41, 71% -58, 19%.
2. García, Venegas, dan Cielos (2013) melakukan penelitian pada zona dekat dengan la roaleda, stadion klub sepak bola Málaga dengan menggunakan metode simulasi menggunakan *software* ATISMART untuk menguji apakah mengubah durasi satu jalan, bisa menyebabkan pengurangan kemacetan. Ketika pertandingan sepak bola berakhir, arus lalu lintas bergerak dari utara sangat meningkatkan arus lalu lintas normal. Akibatnya, banyak kemacetan lalu lintas terjadi. Simulasi dikembangkan menggunakan ATISMART mengungkapkan bahwa mengubah merah / hijau periode dari lampu lalu lintas dapat menyebabkan arus lalu lintas yang lebih baik.
3. Kamrani, Abadi, Saeed Rahimpour Golroudbary (2014) melakukan penelitian simulasi lalu lintas dari dua T-junction yang berdekatan selama jam sibuk yang terletak di Jalan Universiti di kota Skudai, Johor, Malaysia. Penelitian ini menggunakan software Arena. Dengan menanamkan lampu lalu lintas dalam model, hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu tunggu rata-rata di lokasi C mengalami penurunan sebesar 67%. dari 97,7 menjadi 32,25 s, Selain itu, rata-rata waktu tunggu antrian di seluruh sistem juga

mengalami penurunan sebesar 53%. Dari yang sebelumnya 20,04 menjadi 9,42 s, Akhirnya, rata-rata jumlah kendaraan di antrian dari seluruh jaringan menurun oleh sebesar 60% dari 2,96 menjadi 1,17.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Keterangan	Indrayana, Masrul (2010)	José L. Galán-García, Gabriel Aguilera-Venegas, Pedro Rodríguez-Cielos (2013)	Mohsen Kamrani, Sayyed Mohsen Hashemi Esmail Abadi, Saeed Rahimpour Golroudbary (2014)	Penelitian yang dilakukan
Topik Penelitian	Pengaturan durasi lalu lintas	Pengaturan durasi lalu lintas	Pemberian lampu lalu lintas dalam model	Rekayasa arus lalu lintas
Objek Penelitian	Perempatan Pingit Yogyakarta	Zona perempatan dekat dengan " La Rosaleda ", stadion klub sepak bola Málaga	T-junction Jalan Universiti di kota Skudai, Johor, Malaysia	Perempatan Bogor Veteran, Malang
Metode	Simulasi, software Arena	Simulasi, ATISMART	Simulasi, software Arena	Simulasi, software Arena

2.2 Jalan Raya, dan Simpang Bersiyal

2.2.1 Jalan Raya

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006).

2.2.2 Karakteristik Jalan

Karakteristik utama jalan yang akan mempengaruhi kapasitas dan kinerja jalan jika jalan tersebut dibebani arus lalu lintas. Karakteristik jalan tersebut menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 antara lain: geometrik jalan, karakteristik arus jalan, dan aktivitas samping jalan.

1. Geometrik jalan

a. Tipe jalan

Berbagai tipe jalan akan menunjukkan kinerja berbeda pada pembebanan lalu-lintas tertentu, misalnya jalan terbagi, jalan tak terbagi, jalan dua arah dan jalan satu arah.

b. Lebar jalur lalu lintas

Pertambahan lebar jalur lalu-lintas akan meningkatkan kecepatan arus bebas dan kapasitas jalan. Lebar jalur lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 2.2.

c. Kereb

Kereb adalah penonjolan atau peninggian tepi perkerasan atau bahu jalan, yang dimaksudkan untuk keperluan-keperluan drainase, mencegah keluarnya kendaraan dari tepi perkerasan, dan memberikan ketegasan tepi perkerasan. Kereb sebagai batas antara jalur lalu lintas dan trotoar berpengaruh terhadap dampak hambatan samping pada kapasitas dan kecepatan. Kapasitas jalan dengan kereb lebih kecil dari jalan dengan bahu. Kereb dapat dilihat pada Gambar 2.1.



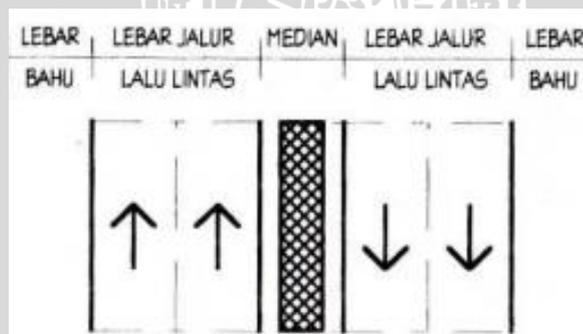
Gambar 2.1 Kereb Jalan

d. Bahu

Jalan perkotaan tanpa kereb umumnya mempunyai bahu pada kedua sisi jalur lalu lintas. Lebar dan kondisi permukaannya mempengaruhi penggunaan bahu, berupa penambahan kapasitas dan kecepatan pada arus tertentu. Pertambahan lebar bahu mengakibatkan pengurangan hambatan samping. Bahu jalan dapat dilihat pada Gambar 2.2

e. Median

Perencanaan median yang baik dapat meningkatkan kapasitas jalan. Median jalan dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Gambar lebar bahu, lebar jalur, dan median.

2. Arus dan komposisi lalu lintas

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang terdapat dalam suatu ruang yang diukur dalam suatu interval waktu tertentu dan mencerminkan komposisi arus lalu lintas. Komposisi lalu lintas mempengaruhi hubungan kecepatan arus jika arus dan kapasitas dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam, yaitu tergantung pada rasio sepeda motor atau kendaraan berat dalam arus lalu lintas. Jika arus dan kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp), maka kecepatan kendaraan ringan dan kapasitas (smp/jam) tidak dipengaruhi oleh komposisi arus lalu lintas.

3. Aktifitas samping jalan

Banyak aktifitas samping jalan di Indonesia sering menimbulkan konflik, kadang-kadang besar penyebabnya terhadap arus lalu lintas. Aktifitas samping jalan yang diperhitungkan di dalam penelitian ini adalah faktor hambatan samping yang berpengaruh pada kapasitas jalan dan kecepatan lalu lintas dalam kota. Ada beberapa cara dalam menentukan faktor hambatan samping, antara lain:

- a. Ditentukan dengan rata-rata yang rinci melalui hasil pengamatan mengenai frekwensi hambatan samping per 200 meter pada sisi segmen yang diamati. Kemudian frekwensi kejadian tersebut dikalikan dengan bobot relative dari tipe kejadian.
- b. Bila data yang didapat kurang rinci, maka kelas hambatan samping ditentukan dengan pengamatan visual dengan kondisi rata-rata yang sesungguhnya pada lokasi untuk periode yang diamati.

2.2.3 Simpang Bersinyal

Pada umumnya sinyal lalu-lintas digunakan karena berbagai alasan antara lain:

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu-lintassehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu-lintas jam puncak.
2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.

3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan. Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna (hijau, kuning dan merah) diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu-lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Hal ini adalah keperluan yang mutlak bagi gerakan-gerakan lalu-lintas yang datang dari jalan-jalan yang saling berpotongan (konflik-konflik utama). Sinyal-sinyal dapat juga digunakan untuk memisahkan gerakan membelok dari lalu-lintas lurus melawan, atau untuk memisahkan gerakan lalu-lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang (konflik-konflik kedua).

2.2.3.1 Kinerja Simpang Bersinyal

Berikut ini merupakan faktor yang menyangkut kinerja simpang bersinyal.

1. Kapasitas (C)

Kapasitas setiap lengan persimpangan (pendekat) dihitung dengan rumus:

$$C = Sxg/c \quad (2-1)$$

Sumber : MKJI 1997

Dengan

C = kapasitas lengan (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus yang ditentukan (detik)

2. Arus jenuh (S) dinyatakan sebagai :

Arus jenuh setiap lengan persimpangan (pendekat) dihitung dengan rumus:

$$S = S_0 \times FCS \times FG \times FP \times FLT \times FRT \quad (2-2)$$

Sumber : MKJI 1997

Dengan

S_0 = Arus Jenuh dasar (smp/jam) = 600 x W_e

W_e = lebar efektif pendekat

CS = Faktor penyesuaian ukuran kota

G = Faktor penyesuaian kelandaian

P = Faktor penyesuaian parkir

SF = Faktor penyesuaian hambatan samping

LT = Faktor penyesuaian belok kiri

RT = Faktor penyesuaian belok kanan

3. Derajat Kejenuhan

Setelah dapat diketahui nilai arus jenuh yang telah disesuaikan, maka kapasitas untuk masing-masing lengan (pendekat) dapat diketahui sehingga derajat kejenuhan dapat dihitung dengan rumus:

$$DS = Q/C \quad (2-3)$$

Sumber : MKJI 1997

Dengan

C= Kapasitas lengan (smp/jam)

Q= Arus lalu lintas (smp/jam)

DS= Derajat kejenuhan

Jika derajat kejenuhan lebih tinggi dari 0,75, ini berarti bahwa simpang tersebut mendekati lewat jenuh, yang akan menyebabkan antrian panjang pada kondisi lalulintas puncak. Kemungkinan untuk menambah kapasitas simpang melalui salah satu dari tindakan berikut dan yang harus dipertimbangkan:

- a. Penambahan lebar pendekat, jika mungkin untuk menambah lebar efektif pendekat, untuk pendekat-pendekat dengan nilai FR kritis yang tinggi.
- b. Perubahan fase sinyal, jika pendekat dengan arus berangkat terlawan (tipe O) dan rasio belok kanan (PRT) menunjukkan nilai FR kritis yang tinggi ($FR > 0,8$), suatu rencana fase alternatif dengan fase terpisah untuk lalulintas belok kanan mungkin akan sesuai.
- c. Pelanggaran gerakan-gerakan belok kanan, pelanggaran bagi satu atau lebih gerakan belok kanan biasanya menaikkan kapasitas, terutama jika hal itu menyebabkan jumlah fase yang diperlukan. walaupun demikian perancangan manajemen lalulintas yang tepat, perlu untuk memastikan agar perjalanan oleh gerakan belok kanan yang akan dilarang tersebut dapat diselesaikan tanpa jalan pengalih yang terlalu panjang dan mengganggu simpang yang berdekatan.

2.2.4 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus adalah urutan lengkap dari indikasi sinyal (antara dua saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekat yang sama). Waktu siklus yang paling rendah akan menyebabkan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyebrang, sedangkan waktu siklus yang lebih besar menyebabkan memanjangnya antrian kendaraan dan bertambahnya tundaan, sehingga akan mengurangi kapasitas keseluruhan simpang.

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

$$C_u = \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{(1 - \sum FR)} \quad (2.4)$$

Sumber: MKJI 1997

Dengan:

C_u = Waktu siklus sebelum penyesuaian

LTI = Waktu hilang total per siklus

FR = Rasio arus simpang

2. Waktu hijau

$$G_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \text{ (detik)} \quad (2.5)$$

Sumber : MKJI 1997

Dengan:

G_i = Tampilan waktu hijau pada fase i

PR_i = Rasio fase FR/ Σ fr

3. Waktu siklus yang disesuaikan

$$c = \Sigma G + LTI \text{ (detik)} \quad (2.6)$$

Sumber : MKJI 1997

2.2.5 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan rencana dikelompokkan dalam beberapa kategori seperti tabel di bawah ini.

Tabel 2.2 Pembagian Tipe Kendaraan

Kode	Jenis Kendaraan
MC (Motor Cycle)	Kendaraan Roda Dua (Sepeda Motor)
LV(Light Vehicle)	Kendaraan Bermotor 2 as beroda 4 dengan jarak as 2-3 m (mobil penumpang, pick up, truk kecil)
HV(Heavy Vehicle)	Kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m (bus, truk besar)

Sumber : MKJI 1997

2.2.6 Satuan Mobil Penumpang

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) definisi dari satuan mobil penumpang (smp) adalah satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai tipe kendaraan

diubah menjadi arus kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekuivalen mobil penumpang (EMP).

2.2.7 Arus Lalu Lintas

Perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang, dan sore. Arus lalu lintas (Q) untuk setiap pergerakan (belok kiri (Q_{LT}), lurus (Q_{ST}), dan belok kanan (Q_{RT})) dikonversi dari kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang (SMP) per-jam dengan menggunakan ekuivalen kendaraan penumpang (EMP) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan.

Tabel 2.3 Ekuivalen Kendaraan Penumpang

Jenis kendaraan	EMP untuk tipe pendekatan	
	Terlindung	Terlawan
Light Vehicle (LV)	1,0	1,0
Heavy Vehicle (HV)	1,3	1,3
Motor Cycle (MC)	0,2	0,4

Sumber: MKJI 1997

2.3 Teori Antrian

Teori Antrian suatu antrian ialah suatu garis tunggu dari satuan yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayanan (fasilitas layanan). Menurut Heizer dan Render (2006) antrian adalah ilmu pengetahuan tentang bentuk antrian dan merupakan orang-orang atau barang dalam barisan yang sedang menunggu untuk dilayani atau meliputi bagaimana perusahaan dapat menentukan waktu dan fasilitas yang sebaik-baiknya agar dapat melayani pelanggan dengan efisien. Kejadian garis tunggu timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pelanggan yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan pelayanan. Dalam kehidupan sehari-hari, kejadian ini sering kita temukan misalnya seperti terjadi pada loket bioskop, loket kereta api, loket-loket pada kantor pos, dermaga di pelabuhan, loket jalan tol, dan banyak lagi yang lainnya.

2.3.1 Disiplin Pelayanan Antrian

Menurut Heizer dan Render (2006) ada 4 bentuk prioritas pelayanan antrian yang biasa digunakan, yaitu:

- 1) *First Come First Served* (FCFS) atau *First In First out* (FIFO) yaitu pelanggan yang datang lebih dulu akan dilayani lebih dulu. Misalnya: sistem antrian pada Bank, SPBU, dan lain-lain.
- 2) *Last Come First Served* (LCFS) atau *Last In First Out* (LIFO) yaitu sistem antrian pelanggan yang datang terakhir akan dilayani lebih dulu. Misalnya: sistem antrian dalam elevator lift untuk lantai yang sama.
- 3) *Service in Random Order* (SIRO) yaitu panggilan didasarkan pada peluang secara acak, tidak peduli siapa dulu yang tiba untuk dilayani.
- 4) *Shortest Operation Times* (SOT) merupakan sistem pelayanan yang membutuhkan waktu pelayanan tersingkat mendapat pelayanan pertama.

2.3.2 Komponen Dasar Antrian

Menurut Christopher (2000) komponen dasar antrian adalah sebagai berikut

1. Kedatangan

Setiap masalah antrian melibatkan kedatangan, misalnya orang, mobil, atau panggilan telepon untuk dilayani. Unsur ini sering disebut proses *input*. Proses *input* meliputi sumber kedatangan atau biasa dinamakan *calling population*, dan cara terjadinya kedatangan yang umumnya merupakan proses *random*. Terdapat 3 perilaku antrian, yaitu:

- a. *Reneging* (pembatalan) adalah meninggalkan antrian sebelum dilayani.
- b. *Balking* adalah orang yang langsung pergi ketika melihat panjangnya antrian, menolak untuk memasuki antrian.
- c. *Jockeying* adalah orang yang berpindah-pindah dari satu antrian ke antrian lain karena ingin dilayani lebih cepat.

2. Pelayanan

Pelayan atau mekanisme pelayanan dapat terdiri dari satu atau lebih pelayan, atau satu atau lebih fasilitas pelayanan. Contohnya pada sebuah *check out counter* dari suatu supermarket terkadang hanya ada seorang pelayan, tetapi bisa juga diisi seorang kasir dengan pembantunya untuk memasukkan barang-barang ke kantong plastik. Sebuah bank dapat mempekerjakan seorang atau banyak *teller*. Disamping itu, perlu diketahui cara pelayanan diselesaikan, yang kadang-kadang merupakan proses *random*.

Ada 3 aspek yang harus diperhatikan dalam mekanisme pelayanan, yaitu:

a. Tersedianya Pelayanan

Mekanisme pelayanan tidak selalu tersedia untuk setiap saat. Misalnya dalam pertunjukan bioskop, loket penjualan karcis masuk hanya dibuka pada waktu tertentu antara satu pertunjukan dengan pertunjukan berikutnya. Sehingga pada saat loket ditutup, mekanisme pelayanan terhenti dan petugas pelayanan istirahat

b. Kapasitas Pelayanan

Kapasitas dari mekanisme pelayanan diukur berdasarkan jumlah pelanggan yang dapat dilayani secara bersama-sama. Kapasitas pelayanan tidak selalu sama untuk setiap saat, ada yang tetap, tetapi ada juga yang berubah-ubah. Karena itu, fasilitas pelayanan dapat memiliki satu atau lebih saluran. Fasilitas yang mempunyai satu saluran disebut saluran tunggal atau sistem pelayanan tunggal dan fasilitas yang mempunyai lebih dari satu saluran disebut saluran ganda atau sistem pelayanan ganda.

c. Lamanya pelayanan

Lamanya pelayanan adalah waktu yang dibutuhkan untuk melayani seorang pelanggan. Lama pelayanan harus dinyatakan secara pasti. Oleh karena itu, waktu pelayanan boleh tetap dari waktu ke waktu untuk semua pelanggan atau boleh juga berupa variabel acak. Umumnya untuk keperluan analisis, waktu pelayanan dianggap sebagai variabel acak yang terpencair secara bebas dan sama serta tidak tergantung pada waktu kedatangan.

3. Komponen Antrian

Munculnya antrian tergantung dari sifat kedatangan dan proses pelayanan. Penentu lain yang penting dalam antrian adalah disiplin antrian. Disiplin antrian adalah aturan keputusan yang menjelaskan cara melayani pengantri, misalnya datang awal dilayani dulu yang lebih dikenal dengan singkatan FCFS, datang terakhir dilayani dulu LCFS, berdasar prioritas, berdasar abjad, berdasar janji, dan lain-lain. Jika tak ada antrian berarti terdapat pelayanan yang menganggur atau kelebihan fasilitas pelayanan.

2.4 Sistem, Model, dan Simulasi

Di dalam penelitian ini, sistem, model, dan simulasi memiliki keterkaitan karena sebuah sistem nyata akan dibuat model menggunakan *software* pemodelan sehingga dapat dilakukan

simulasi untuk mengetahui dampak yang terjadi pada model ketika parameter di dalam model berubah.

2.4.1 Sistem

Sistem adalah sekelompok unsur yang erat hubungannya satu dengan yang lain, yang berfungsi bersama-sama untuk mencapai tujuan tertentu (Tata Sutabri, 2012:6). Dalam memodelkan sistem, penentuan batasan antara sistem dan lingkungannya perlu dilakukan. Penentuan didasarkan pada tujuan dari pembuatan model itu sendiri.

Sistem dapat dikategorikan sebagai sistem diskrit ataupun sistem kontinu. Pada kenyataannya, hanya sedikit sistem yang dapat dikategorikan sebagai sistem yang sepenuhnya diskrit atau sepenuhnya kontinu. Biasanya sebuah sistem memiliki kecenderungan diskrit atau kecenderungan kontinu, sehingga inilah yang menjadi dasar dalam menentukan sebuah sistem bersifat diskrit atau kontinu (Law dan Kelton, 2000). Sebuah sistem diskrit adalah ketika keadaan (*state*) dalam sistem berubah dalam waktu yang diskrit, sementara sistem kontinu adalah bila keadaan atau *state* berubah secara kontinu seiring berjalannya waktu (Banks, et al., 2004).

2.4.2 Model

Sebuah model didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah sistem dengan tujuan untuk mempelajari sistem tersebut (Banks, et al., 2004), sehingga dapat dikatakan bahwa model adalah pola (contoh, acuan, ragam) dari sesuatu yang akan dibuat atau dihasilkan. Model dapat diklasifikasikan dalam empat kategori. Berikut penjelasan mengenai model menurut klasifikasi tersebut (Banks, et al., 2004).

1. Model matematis atau model fisik

Model matematis menggunakan notasi dan perhitungan matematis untuk merepresentasikan sistem. Sedangkan model fisik menggunakan benda nyata berbentuk fisik untuk merepresentasikan sistem.

2. Model statis atau model dinamis

Model statis merepresentasikan sebuah sistem pada satu titik waktu. Contohnya adalah simulasi Monte Carlo. Sedangkan model dinamis merepresentasikan sistem seiring berjalannya waktu, contohnya adalah simulasi bank dari jam 09:00 AM sampai dengan 04:00 PM.

3. Model deterministik atau model stokastik

Model deterministik tidak memiliki pembangkitan bilangan acak, model deterministik memiliki kedatangan atau input yang telah diketahui yang akan menghasilkan *output* yang menyesuaikan. Contohnya adalah kedatangan pasien pada dokter gigi sesuai dengan jadwal *appointment*. Sedangkan model stokastik memiliki satu atau lebih variabel *random* sebagai *input* sistem. *Random input* akan menghasilkan *random output*. Contohnya adalah simulasi bank dimana akan menggunakan waktu antar-kedatangan *random*.

4. Model diskrit atau kontinu

Model diskrit adalah model dari sistem yang bersifat diskrit yaitu model yang keadaannya berubah secara diskrit seiring waktu. Sedangkan model kontinu adalah model dari sistem yang bersifat kontinu yaitu model yang keadaannya berubah secara kontinu seiring waktu.

2.4.3 Simulasi

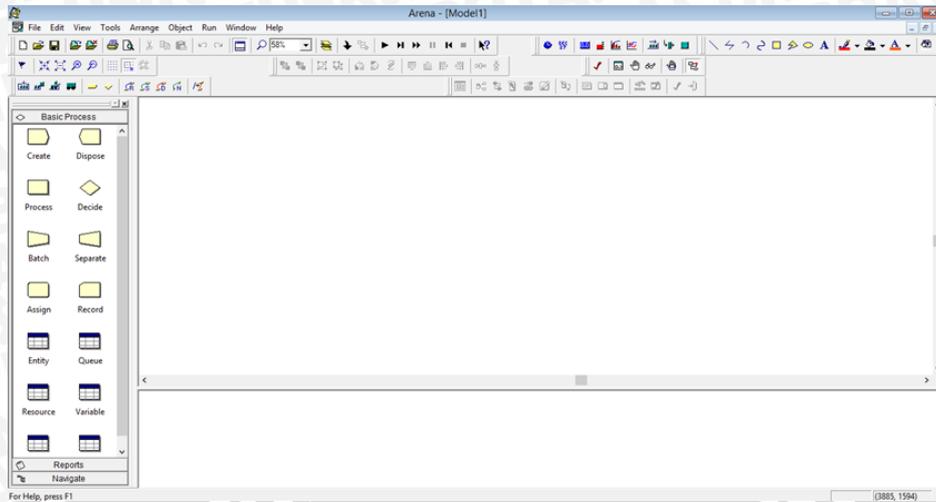
Simulasi merupakan proses perancangan model dari suatu sistem nyata dan pelaksanaan eksperimen. Beberapa kegunaan dari simulasi adalah memungkinkan pembelajaran, eksperimental, dan interaksi internal dari suatu sistem yang kompleks, mengamati perubahan informasi, dan memberikan saran perbaikan terhadap sistem nyata yang sedang diamati (Banks, et al., 2004). Suatu sistem dalam simulasi mencakup entitas, aktivitas, *resources*, dan kontrol. Elemen tersebut mendefinisikan siapa, apa, dimana, kapan, dan bagaimana suatu entitas diproses. Berikut adalah penjelasan elemen-elemen pada simulasi.

1. Entitas, merupakan segala sesuatu yang dapat diproses.
2. Aktivitas, merupakan kegiatan yang dilakukan di dalam sistem yang memengaruhi entitas baik secara langsung atau tidak.
3. *Resources*, merupakan alat atau operator untuk menjalankan aktivitas.
4. Kontrol, merupakan segala sesuatu yang menentukan bagaimana, kapan, dan bagaimana aktivitas dijalankan.

2.5 Definisi ARENA *Simulation Software*

ARENA adalah sebuah *software* simulasi interaktif berdasarkan pemikiran yang berorientasi pada obyek dan konsep pemodelan terstruktur. *Software* ini banyak digunakan di manufaktur, layanan logistik dan rantai pasok, bidang medis, militer dan lain-lain. ARENA juga digunakan dalam situasi yang berbeda di semua tingkat simulasi, termasuk

operasi produksi harian, berbagai jenis alokasi sumber daya, perencanaan proses bisnis, performansi sistem dan program penilaian hasil, serta prediksi resiko.



Gambar 2.3 Tampilan Arena Software

2.5.1 Modul ARENA Simulation Software

Pada ARENA Simulation Software berisikan *module-module* yang digunakan untuk memodelkan simulasi sebuah sistem. Berikut ini merupakan macam-macam module yang terdapat pada Arena Simulation Software.

1. Create

Modul *Create* berfungsi untuk mengenerate kedatangan *entity* ke dalam simulasi (Gambar 2.4). Pada modul *Create* terdapat *Name* yang harus di isi nama produk, dan *Entity Type*. Sedangkan pada *Time Between Arrivals* ada *Type*, *Value* dan *Unit*, kemudian ada *Entities per Arrival*, *Max Arrivals*, *First Creation*.



Gambar 2.4 Modul Create
Sumber: Altiok (2007)

Time between arrival type pada modul *create* adalah:

- a. *Random (Expo)*, merupakan distribusi eksponensial secara acak
- b. *Shcedule*, merupakan distribusi terjadwal.
- c. *Constant*, merupakan distribusi tetap.
- d. *Exsperetion*, merupakan distribusi.

2. Modul Station

Modul ini menggambarkan tempat dari seluruh aktivitas baik proses maupun pergerakan *entity* dalam sistem (Gambar 2.5). Dalam modul ini terdiri dari:

- a. *Name*: kolom ini berisi nama seperti nama jenis sepatu
- b. *Station type*: mendefinisikan tipe dari modul *Station* dan menggunakan *set* apabila terdiri dari beberapa *Station* (kumpulan *Station*).
- c. *Station Name*: mendefinisikan nama *Station* yang menjadi tujuan (*destination*) entitas. Pengisian nama ini harus hati-hati karena bisa menjadi tujuan *Route*.



Gambar 2.5 Modul *Station*
Sumber: Altiok (2007)

3. Modul *Route*

Modul *Route* digunakan untuk membuat *Route* antar stasiun (Gambar 2.6). *Route* dapat digunakan antara lain ketika membuat waktu transfer dari satu stasiun ke stasiun lainnya. *Route* terdapat pada *Advanced Transfer*. Modul ini juga digunakan untuk menentukan arah pergerakan dari *entity* dalam *Station* tanpa menggunakan alat bantu seperti *forklift*, *conveyor* dan sebagainya.



Gambar 2.6 Modul *Route*
Sumber: Altiok (2007)

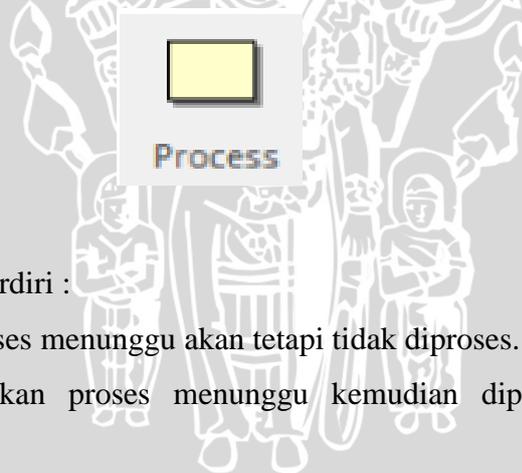
Dalam modul *Route* ini terdiri dari :

- a. *Name*: mengidentifikasi nama modul dan menunjukkan bentuk dari modul
- b. *Route Time*: perjalanan waktu dari lokasi entitas pada tujuan (*destination*).
- c. *Units*: merupakan waktu unit yang di gunakan *Route Time*. Dalam *units* ini ada *seconds* (digunakan pada waktu satuan detik), *minutes* (digunakan pada waktu satuan menit), *hours* (digunakan pada waktu satuan jam), *Days* (digunakan pada waktu dibutuhkan *Route Time* dalam harian).

- d. *Station Name*: mendefinisikan nama *Station* yang menjadi tujuan (*destination*) entitas.
- e. *Destination Type*: metode untuk menentukan lokasi tujuan entitas. Diseleksi dengan menentukan urutan (*requires*) yang harus menempatkan nama urutan tersebut dan urutan itu sendiri dijelaskan. Dalam *destination type* terdiri dari *Attribute* (digunakan apabila mendefinisikan nama *atribute* pada *Station name* yang ber rute pada entitas), *Exspression* (digunakan apabila menggunakan waktu *Route* yang berdistribusi tertentu), *sequential* (digunakan apabila menggunakan waktu *Route* dengan sebab-sebab tertentu), dan *Station* (digunakan apabila mentransfer dari *Route* yang satu dengan yang lain).

4. Modul *Process*

Modul *Process* (Gambar 2.7) berfungsi untuk memproses entity dari sistem, pada modul ini juga terdapat *Name* dan *Type*. Kemudian ada *Logic* yang terdiri dari *Action*. Selanjutnya yaitu pada modul ini juga terdapat *Resources*, *Delay Type*, *Unit*, *Allocation*, *Minimum*, *Value (Most Likely)*, *Maximum*, dan *Report Statitics* yang harus di centang.



Gambar 2.7 Modul *Process*

Sumber: Altiok (2007)

Action pada modul proses ini terdiri :

- a. *Delay*, merupakan proses menunggu akan tetapi tidak diproses.
- b. *Seize Delay*, merupakan proses menunggu kemudian diproses tetapi tidak dilanjutkan.
- c. *Seize Delay Release*, merupakan proses menunggu kemudian diproses dan dilanjutkan.
- d. *Delay Release*, merupakan proses menunggu kemudian langsung dilanjutkan.
- e. *Unit* berfungsi untuk menentukan waktu suatu proses yang terdiri dari *seconds* (detik), *minutes* (menit), *hours* (jam), *days* (hari).

Delay type merupakan type menunggu dan terdiri dari:

- a. *Triangular*: distribusi ini di fungsikan dalam situasi dari distribusi yang belum diketahui akan tetapi disediakan nilai-nilai yang memungkinkan, sedangkan nilai maksimum dan minimumnya diperkirakan.

- b. *Exponential*: distribusi ini biasanya difungsikan untuk pemodelan pada rincian proses dan random kedatangan.
- c. *Uniform*: distribusi ini berfungsi apabila nilainya dianggap memiliki kemungkinan yang sama dan terbatas karena hal ini digunakan ketika ada informasi.

Allocation merupakan jenis aktivitas transfer yang terjadi pada modul ini. Dalam *Allocation* terdiri dari:

- a. *Value added* merupakan penambahan nilai dari material *input* menjadi *output* pada proses yang dilakukan.
- b. *Non value added* berarti tidak terjadi proses penambahan nilai dari material input menjadi output (misalkan kegiatan inspeksi).
- c. *Transfer* merupakan waktu transfer dari satu tempat ke tempat lain.
- d. *Wait* : waktu tunggu sebelum *entity* melakukan aktivitas berikutnya.
- e. *Other*.

5. Modul *Decide*

Modul *Decide* merupakan modul yang berfungsi untuk membuat keputusan berdasarkan satu atau beberapa kondisi (Gambar 2.8). Modul ini terletak pada *Basic Process*. Pada modul ini ada juga *Name*, *Type* dan *Percent True* (0-100) yang merupakan presentasi dari kebenaran.



Gambar 2.8 Modul *Decide*
Sumber: Altiok (2007)

Type pada *Decide* ini mengidentifikasi apakah keputusan berdasarkan pada kondisi dan hal ini ada beberapa jenis, yaitu:

- a. *2-way* : hal ini digunakan jika hanya untuk 1 kondisi benar atau salah.
- b. *2-way by chance* : hal ini mendefinisikan satu atau lebih presentase.
- c. *2-way by condition* : hal ini mendefinisikan satu atau lebih kondisi.
- d. *N-way* : digunakan untuk berapapun jumlah kondisi.

6. Modul *Record*

Modul *Record* digunakan untuk memunculkan data statistik pada model simulasi, *type* data statistik yang dapat dimunculkan seperti waktu antar kedatangan (Gambar 2.9). Pada modul ini terdapat *Name*, *Type*, *Value* dan *Counter Name*.



Gambar 2.9 Modul *Record*
Sumber: Altiok (2007)

Type pada *Record* terdiri dari :

- a. *Count* menyatakan jumlah nilai.
- b. *Entity Statistics* merupakan inputan *Statistics* dari entitas.
- c. *Time Interval* menyatakan interval waktu yang digunakan.
- d. *Entity Picture* merupakan inputan gambar dari entitas.
- e. *Other*.

7. Modul *Dispose*

Modul *Dispose* berfungsi untuk mengeluarkan entitas dari sistem, pada modul ini terdapat *Name* dan ada *Record Entity Statistics* yang harus di centang (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Modul *Dispose*
Sumber: Altiok (2007)

2.5.2 *Input Analyzer*

Input Analyzer merupakan bagian dari *software* ARENA. *Tools* ini digunakan untuk menentukan fungsi distribusi probabilitas dari data *input*. Selain itu juga dapat digunakan untuk mencocokkan fungsi spesifik dari distribusi data *file* dan membandingkan fungsi distribusi atau untuk menampilkan efek dari perubahan parameter untuk distribusi yang sama. *Input Analyzer* menampilkan *input* data acak tersebut yang kemudian dapat dianalisis menggunakan fitur perangkat lunak *fitting distribution* untuk mencari bentuk

distribusi yang cocok menggambarkan data tersebut. Data yang akan dimasukkan sebelumnya harus disimpan dalam *Notepad* dengan format *.txt* karena *Input Analyzer* ARENA hanya dapat membaca masukan dari format *.txt*.

2.5.2 *Process Analyzer*

Process analyzer membantu dalam mengevaluasi alternatif yang disajikan oleh eksekusi model simulasi skenario yang berbeda. Hal ini berguna untuk pengembang model simulasi, serta pembuatan keputusan dimana tidak dikenal dengan model, namun akrab disebut dengan menangani solusi model simulasi. Biasanya *Process analyzer* untuk menentukan skenario mana yang cocok sehingga bisa mendapatkan *work in Process* yang minimum.

2.6 Pengumpulan Data *Input* Simulasi

Input dari model simulasi adalah distribusi tertentu dari parameter yang ingin dimodelkan. Angka acak akan dibangkitkan oleh perangkat model simulasi sesuai dengan distribusi yang telah dimasukan. Untuk itu perlu proses pengumpulan data yang baik untuk mendapatkan distribusi yang dapat merepresentasikan sistem nyata.

Konsep *Garbage-in-garbage-out* (GIGO) menyatakan bahwa kendatipun struktur dari model sudah teruji validitas, namun bila input data tidak dikumpulkan atau dianalisis secara tepat serta tidak merepresentasikan sistem, *output* simulasi akan menjadi rancu sehingga dapat merusak proses simulasi dan penentuan keputusan (Banks, et al., 2004). Langkah-langkah dalam mengumpulkan data simulasi adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi distribusi probabilitas untuk merepresentasikan *input* proses.

Setelah data telah layak untuk digunakan, maka tahap selanjutnya adalah mengubah data tersebut sehingga dapat menjadi *input* model simulasi (Harrel, et al., 2004). Distribusi probabilitas yang dapat dipilih seperti normal, *uniform*, *triangular*, *exponential*, *poisson*, dan sebagainya. Tahap ini dilakukan dengan *goodness of fit test*. *Goodness of fit test* yang dilakukan adalah Chi-Square karena lebih sesuai untuk data-data yang memiliki bentuk histogram *modal*, *bimodal*, *plateau*, dan *triangular*.

2. Mendapatkan nilai parameter untuk merepresentasikan data dari distribusi.

Parameter distribusi ditentukan sesuai dengan distribusi yang dipilih. Contohnya bila menentukan sebuah *input* proses memiliki distribusi normal, maka perlu menentukan berapa rata-rata dan standar deviasi yang sesuai. Dengan demikian telah mengonversikan data sehingga bisa menjadi *input* simulasi.

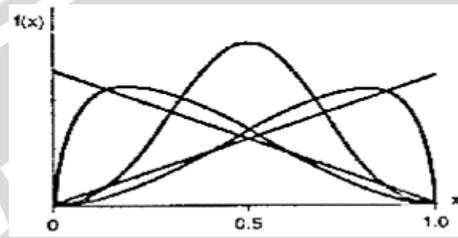
3. Melakukan evaluasi distribusi dan parameter distribusi.

Keyakinan terhadap distribusi dapat dilihat dari nilai *error* antara distribusi yang dipilih dengan data aktual yang dikumpulkan.

Berikut ini merupakan macam-macam distribusi yang paling sesuai untuk jenis *input* proses:

1. Distribusi Beta

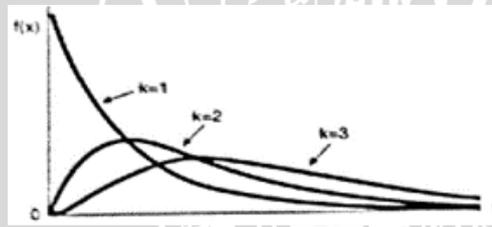
Distribusi beta digunakan untuk merepresentasikan distribusi yang memiliki karakteristik acak seperti jumlah produk cacat (Gambar 2.11).



Gambar 2.11 Distribusi Beta
Sumber: Pedgen, et al., (1995)

2. Distribusi Erlang

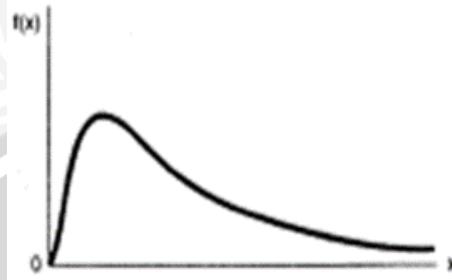
Distribusi erlang memiliki fungsi yang sama seperti distribusi gamma, untuk menggambarkan waktu melakukan pekerjaan (Gambar 2.12).



Gambar 2.12 Distribusi Erlang
Sumber: Pedgen, et al., (1995)

3. Distribusi Lognormal

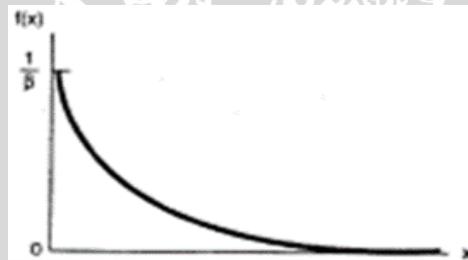
Distribusi lognormal merupakan distribusi probabilitas sebuah variabel acak yang logaritmanya tersebar secara normal (Gambar 2.13). Distribusi lognormal pada umumnya digunakan untuk merepresentasikan waktu kerusakan.



Gambar 2.13 Distribusi Lognormal
Sumber: Pedgen, et al., (1995)

4. Distribusi Eksponensial

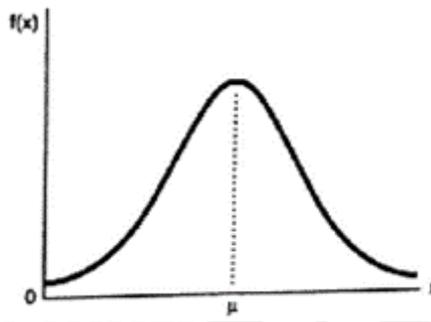
Fungsi eksponensial adalah salah satu fungsi yang paling penting dalam matematika (Gambar 2.14). Variabel acak eksponensial biasanya digunakan untuk mempresentasikan *interarrival* pelanggan, banyaknya kegagalan, dan sebagainya.



Gambar 2.14 Distribusi Eksponensial
Sumber: Pedgen, et al., (1995)

5. Distribusi Normal

Distribusi normal merupakan sebuah fungsi yang berbentuk lonceng dengan parameter μ (mean) dan σ (standar deviasi). Distribusi normal pada umumnya digunakan untuk menggambarkan proses (Gambar 2.15).



Gambar 2.15 Distribusi Normal
Sumber: Pedgen, et al., (1995)

6. Distribusi Poisson

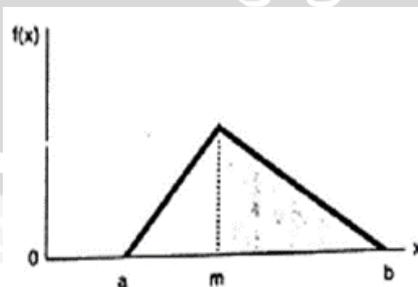
Distribusi Poisson pada umumnya digunakan untuk menggambarkan jumlah kedatangan dalam satu satuan waktu (Gambar 2.16).



Gambar 2.16 Distribusi Poisson
Sumber: Pedgen, et al., (1995)

7. Distribusi Triangular

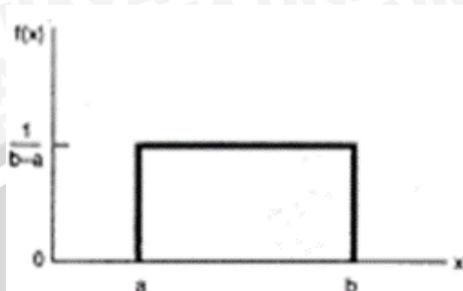
Distribusi triangular digunakan ketika distribusi yang mendasari tidak diketahui, tetapi masuk akal untuk mengasumsikan bahwa nilai berkisar dari beberapa nilai minimal, biasanya untuk mempresentasikan proses (Gambar 2.17).



Gambar 2.17 Distribusi Triangular
Sumber: Pedgen, et al., (1995)

8. Distribusi Uniform

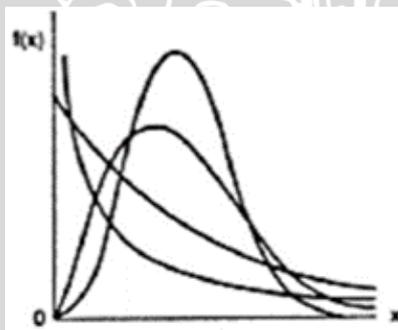
Distribusi uniform sesuai pada umumnya digunakan variabel acak seragam (*uniform*) umum digunakan karena tidak adanya informasi tentang distribusi yang mendasari yang dimodelkan (Gambar 2.18).



Gambar 2.18 Distribusi Uniform
Sumber: Pedgen, et al., (1995)

9. Distribusi Weibull

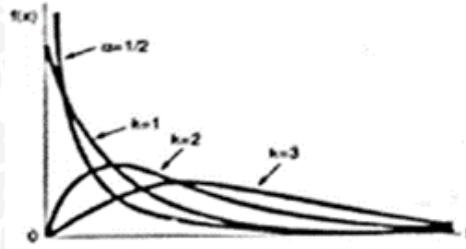
Distribusi weibull (Gambar 2.19) biasanya digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang menyangkut lama waktu (umur) suatu objek yang mampu bertahan hingga akhirnya objek tersebut tidak berfungsi sebagaimana mestinya (rusak atau mati) .



Gambar 2.19 Distribusi Weibull
Sumber: Pedgen, et al., (1995)

10. Distribusi Gamma

Distribusi gamma memiliki fungsi seperti distribusi erlang, untuk menggambarkan waktu melakukan pekerjaan (Gambar 2.20).



Gambar 2.20 Distribusi Gamma
Sumber: Pedgen, et al., (1995)

2.7 Model Konseptual

Model konseptual merupakan rancang terstruktur yang berisi konsep-konsep yang saling terkait dan saling terorganisasi guna melihat hubungan dan pengaruh logis antar konsep. Model konseptual memberikan keteraturan untuk berfikir, mengamati apa yang dilihat serta menunjukkan suatu pemecahan masalah.

2.7.1 Activity Cycle Diagram (ACD)

Activity cycle diagram (ACD) adalah bahasa grafik atau gambar yang memodelkan sistem dengan menunjukkan hubungan interaksi antar elemen dengan perubahan secara diskrit terhadap waktu. Entitas pada ACD ada dua, permanen dan sementara. Sedangkan aktivitas pada ACD ada dua, pasif dan aktif. Pada ACD terdapat simbol-simbol yang dirangkum dalam Tabel 2.4

2.8 Verifikasi dan Uji Validasi Model

Verifikasi model memastikan bahwa pemodelan sistem dan implementasi konseptual model sudah benar atau bebas *error*. Verifikasi model merupakan proses untuk menentukan bahwa model konseptual telah menggambarkan *real system* (Sargent, 2010). Verifikasi dapat dilakukan dengan cara melakukan proses *debug* terhadap model komputer. Validasi model konseptual adalah proses yang menentukan bahwa teori dan asumsi yang mendasari model konseptual benar dan representasi model dari masalah entity dan struktur model, logika, dan hubungan matematika dan kausal masuk akal untuk tujuan yang dimaksudkan dari model (Sargent, 2010).

Tabel 2.4 Simbol pada *Activity Cycle Diagram*

No.	Simbol	Nama	Fungsi
1.		Segilima ke kanan	Merepresentasikan menciptakan (<i>create</i>) atau membangkitkan (<i>generate</i>) entitas.
2.		Segilima ke kiri	Merepresentasikan membuang (<i>Dispose</i>) atau memberhentikan (<i>terminate</i>) entitas.
3.		Lingkaran (<i>passive state</i>)	Merepresentasikan aktivitas pasif.
4.		Segi empat (<i>active state</i>)	Merepresentasikan aktivitas aktif.
5.		Panah (<i>connect</i>)	Merepresentasikan relasi urutan antar <i>node</i> yang menunjukkan bahwa status atau aktivitas pendahulu berubah atau berlanjut menjadi status atau aktivitas berikutnya.
6.		Belah ketupat (<i>alternate</i>)	Merepresentasikan kondisi (<i>condition</i>) pilihan dua alternatif kemungkinan yang perlu diputuskan (<i>decide</i>).
7.		Trapesium kanan (<i>assembly</i> atau <i>batch</i>)	Merepresentasikan aktivitas aktif yang melibatkan dua entitas (atau lebih) dan bertransformasi menjadi satu entitas (lain).
8.		Trapesium kiri (<i>dispers</i> atau <i>separate</i>)	Merepresentasikan aktivitas aktif yang mentransformasikan satu entitas menjadi dua entitas (atau lebih).

Validasi dapat dilakukan dengan menggunakan uji statistik yaitu uji hipotesis dengan cara menghitung apakah hipotesis awal (H_0) pada asumsi awal diterima atau ditolak. Uji statistik yang digunakan yaitu uji *chisquare*. Uji validasi data ini menggunakan bantuan *software SPSS version 20.0 for windows*. Menurut Santoso (2012), dasar pengambilan keputusan apakah hipotesis awal (H_0) pada asumsi awal diterima atau ditolak dapat dilihat

berdasarkan probabilitas atau pada hasil berupa nilai Asymp. Sig / *Asymptotic Significance* yaitu:

1. Jika probabilitas > 0,05 maka H_0 diterima.
2. Jika probabilitas < 0,05 maka H_0 ditolak.

Hal ini berarti, jika H_0 diterima maka model yang dibuat sudah sesuai dengan sistem nyata. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa simulasi yang telah dibuat sudah valid.

2.9 Penentuan Jumlah Replikasi

Penentuan jumlah replikasi yang sebaiknya dilakukan saat menjalankan simulasi memiliki hubungan terhadap *confidence interval*. Adapun langkah-langkah dalam menentukan jumlah replikasi adalah sebagai berikut:

1. *Run* model dengan jumlah replikasi kecil (5 replikasi).
2. Dari *report* simulasi, dapat melihat *output* simulasi untuk menghitung standar deviasi.
3. Selanjutnya melakukan perhitungan terhadap berapa jumlah replikasi yang sebaiknya dilakukan untuk mendapatkan *error* tertentu. Caranya adalah dengan memasukkannya ke dalam rumus perhitungan *half-width* (Persamaan 2-7).

$$\text{Half width} = \frac{(t_{n-1; \alpha/2}) \times s}{\sqrt{n}} \quad (2-7)$$

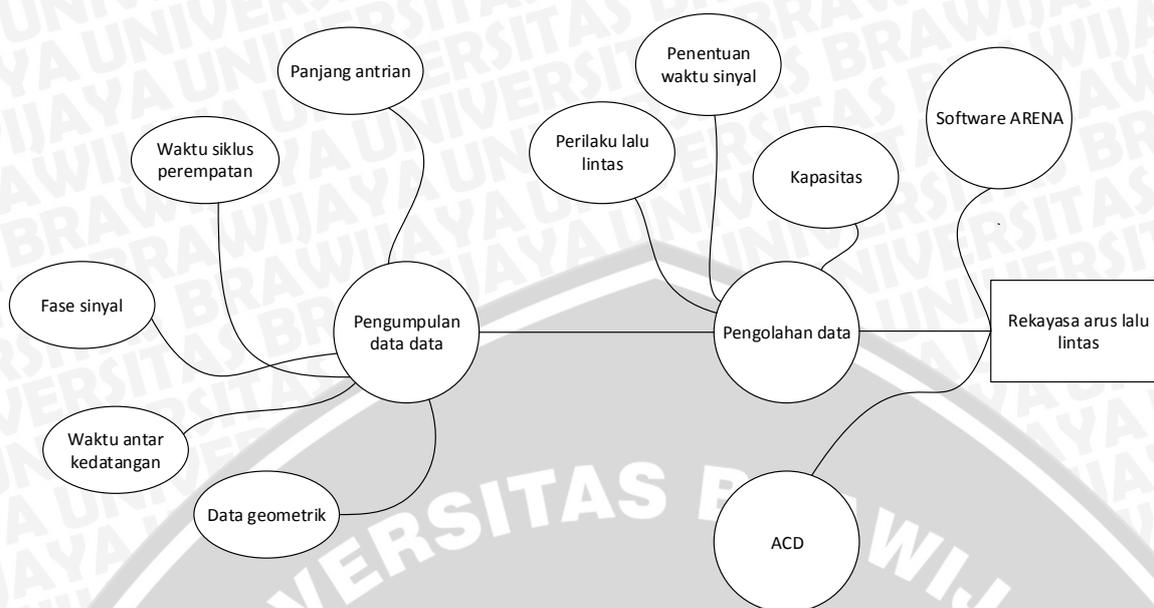
Sumber: Law & Kelton (2000)

Dengan :

- $t_{n-1; \alpha/2}$ = Nilai pada tabel T
- n = Jumlah replikasi awal
- α = *Error* yang diinginkan
- s = Standar deviasi hasil simulasi

2.10 Kerangka Pemikiran Teoritis

Kerangka berpikir merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai hal yang penting (Sugiyono, 2011: 60). Jadi dengan demikian maka kerangka berpikir adalah sebuah pemahaman yang melandasi pemahaman-pemahaman yang lainnya. Sebuah pemahaman yang paling mendasar dan menjadi pondasi bagi setiap pemikiran atau suatu bentuk proses dari keseluruhan dari penelitian yang akan dilakukan. Kerangka berpikir tentang penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Kerangka pemikiran teoritis.



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah tahap-tahap yang harus ditetapkan terlebih dahulu sebelum melakukan penyelesaian masalah yang sedang dibahas. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahap-tahap yang meliputi identifikasi awal, pengumpulan data, pengolahan data, analisis hasil, kesimpulan dan saran, serta diagram alir penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif. Menurut Sugiyono (2012: 13) penelitian deskriptif yaitu, penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri, baik satu variabel atau lebih (independen) tanpa membuat perbandingan, atau menghubungkan dengan variabel yang lain. Tujuan dari penelitian deskriptif ini adalah mencari penjelasan atas suatu fakta atau kejadian yang terjadi, misalnya kondisi atau hubungan yang ada, pendapat yang berkembang, akibat atau efek yang terjadi, atau kecenderungan yang sedang berlangsung.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di Persimpangan Bogor Veteran di Kota Malang, Jawa Timur. Waktu untuk pelaksanaan penelitian ini adalah pada bulan September 2015 sampai selesai.

3.3 Langkah Penelitian

Pada tahap ini terdapat beberapa langkah – langkah yang dilakukan. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu identifikasi awal, pengumpulan data, pengolahan data, pemodelan sistem, dan analisis dan pembahasan.

3.3.1 Tahap Identifikasi Awal

Pada tahap identifikasi awal dilakukan langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Studi lapangan

Langkah awal yang perlu dilakukan adalah melakukan pengamatan langsung ke tempat penelitian untuk mendapatkan gambaran dari kondisi sebenarnya dari objek yang akan diteliti. Hal ini akan bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas tentang objek penelitiannya. Dari hasil studi lapangan ini, peneliti dapat mengetahui permasalahan yang terjadi pada arus lalu lintas di Persimpangan Bogor Veteran.

2. Studi literatur

Studi literatur digunakan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti. Sumber literatur berasal dari buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang berhubungan dengan simulasi dan pemodelan sistem.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan tujuan mencari permasalahan yang terjadi. Setelah melakukan studi lapangan dan mendapat gambaran jelas permasalahan yang ada, maka peneliti dapat melakukan identifikasi masalah dengan dibantu pembimbing untuk mendapatkan informasi tambahan.

4. Perumusan Masalah

Setelah melakukan identifikasi masalah, tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah yang ada. Perumusan masalah merupakan rincian dari permasalahan yang dikaji dan nantinya akan menunjukkan tujuan dari penelitian ini.

5. Penentuan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya. Hal ini ditujukan untuk menentukan batasan-batasan yang perlu dalam pengolahan dan analisis hasil pengukuran selanjutnya.

3.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah pencatatan informasi yang digunakan untuk mendukung keberlangsungan penelitian. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh melalui pengamatan dan atau pengukuran secara langsung oleh peneliti berupa waktu antar kedatangan kendaraan, data geometrik, kondisi arus lalu lintas, fase sinyal, waktu antar hijau, waktu hilang, dan waktu siklus. Data sekunder diperoleh dari Laboratorium Transportasi Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

3.3.3 Pengolahan Data

Pada pengolahan data ini akan dilakukan perhitungan data yang terkait dengan kondisi lalu lintas pada Perempatan Bogor Veteran. Terdapat 2 macam pengolahan data yang digunakan untuk menentukan skenario sebelum sistem arus lalu lintas Perempatan Simpang Bogor akan dimodelkan dengan menggunakan *software* ARENA yaitu pengolahan data untuk keperluan MKJI yang akan digunakan untuk mencari volume puncak dan waktu sinyal pada persimpangan Bogor Veteran, kemudian pengolahan data untuk keperluan simulasi.

3.3.3.1 Pengolahan Data Untuk Keperluan MKJI

Berikut ini merupakan pengolahan data untuk keperluan MKJI.

1. Volume puncak

Pada pengolahan volume puncak meliputi penentuan seperti berikut

- a. Jumlah Kendaraan Pada Persimpangan Bogor Veteran Per 10 Menit
- b. Jumlah Kendaraan Sesuai Dengan Kategori Kendaraan per 10 menit
- c. Jumlah Kendaraan Bermotor Berdasarkan Kategori Kendaraan Per 1 jam
- d. Jumlah Kendaraan Berdasarkan Smp Kendaraan Per 1 jam
- e. Analisis jam puncak kepadatan di persimpangan

2. Penentuan waktu sinyal

Pada penentuan waktu sinyal meliputi penentuan faktor-faktor sebagai berikut:

- a. Tipe pendekatan
- b. Lebar pendekatan efektif
- c. Arus jenuh dasar
- d. Faktor penyesuaian
- e. Rasio arus/ arus jenuh
- f. Waktu siklus dan waktu hijau

3.3.3.2 Pengolahan Data Untuk Keperluan Simulasi

Berikut ini merupakan pengolahan data untuk keperluan simulasi

1. Waktu antar kedatangan kendaraan
2. Probabilitas arah gerak kendaraan di Persimpangan Bogor Veteran, Malang

3.3.4 Pemodelan Sistem

Pada tahap ini pelaksanaan pemodelan sistem dari arus lalu lintas di Persimpangan Bogor Veteran dengan bantuan *software* ARENA. Pelaksanaan pemodelan sistem melalui beberapa tahap yaitu:

1. Menentukan batasan dan asumsi sistem
2. Melakukan *distribution fitting*

Data yang telah cukup akan digunakan sebagai dasar pembuatan model. Pengolahan data dimulai dari menentukan distribusi dari setiap *input* proses model, mengidentifikasi distribusi probabilitas dengan *input analyzer* pada *software* ARENA, melakukan evaluasi berdasarkan nilai *error*, dan menentukan nilai parameter yang sesuai.

3. Membangun model konseptual dengan *Activity Cycle Diagram* (ACD)

Perancangan model konseptual dilakukan dengan menggunakan ACD sebagai upaya untuk menerjemahkan kompleksitas sistem nyata ke dalam model yang disesuaikan dengan rumusan masalah yang ingin diselesaikan dan tujuan pemodelan.

4. Membangun dan menjalankan model sistem dengan *software* Arena.
5. Melakukan verifikasi dan validasi model.

Verifikasi dilakukan untuk memastikan model simulasi memiliki logika proses yang sama dengan model konseptual. Langkah verifikasi adalah sebagai berikut:

- a. Membandingkan model simulasi Perempatan Bogor Veteran dengan rancangan model konseptual Perempatan Bogor Veteran.
- b. Melihat rangkuman proses pada model simulasi Perempatan Bogor Veteran untuk melakukan pengecekan parameter, satuan, serta variabel.
- c. Mengamati animasi model Perempatan Bogor Veteran.
- d. *Debugging* atau melakukan kompilasi *error* pada model Perempatan Bogor Veteran.

Jika model simulasi telah lolos proses verifikasi, maka dapat dilanjutkan untuk melakukan validasi. Namun apabila model simulasi tidak lolos proses verifikasi, maka harus kembali melakukan pembuatan model.

Uji validitas dilakukan dengan *face validity* dan membandingkan hasil *output* terhadap *input* yang diberikan antara model dengan sistem nyata sebelum melakukan ekspansi menggunakan uji statistik, pada umumnya digunakan uji-t. Jika model dinyatakan valid, lanjut untuk menentukan jumlah replikasi. Namun, jika model tidak dinyatakan valid kembali ke pengambilan data.

6. Menentukan jumlah replikasi

Menjalankan simulasi untuk mendapatkan hasil output simulasi untuk tahap uji validitas. Model simulasi yang dijalankan sesuai dengan parameter pada sistem lalu lintas pada Persimpangan Bogor Veteran. Menjalankan simulasi saat ini sebanyak 5 kali sehingga dapat melakukan uji validitas.

3.3.5 Tahap Analisis dan Pembahasan

Penjelasan secara sistematis mengenai tahapan analisis, pembahasan, rekomendasi perbaikan, dan kesimpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis dan pembahasan

Pada tahap ini akan dibahas hasil dari model yang sudah dijalankan dengan *software* ARENA. Setelah model dijalankan, maksimal waktu tunggu dan jumlah kendaraan rata-rata yang ada dalam sistem dapat diketahui. Kemudian melakukan analisis terhadap hasil simulasi untuk mengurangi kemacetan di dalam sistem.

2. Rekomendasi Perbaikan

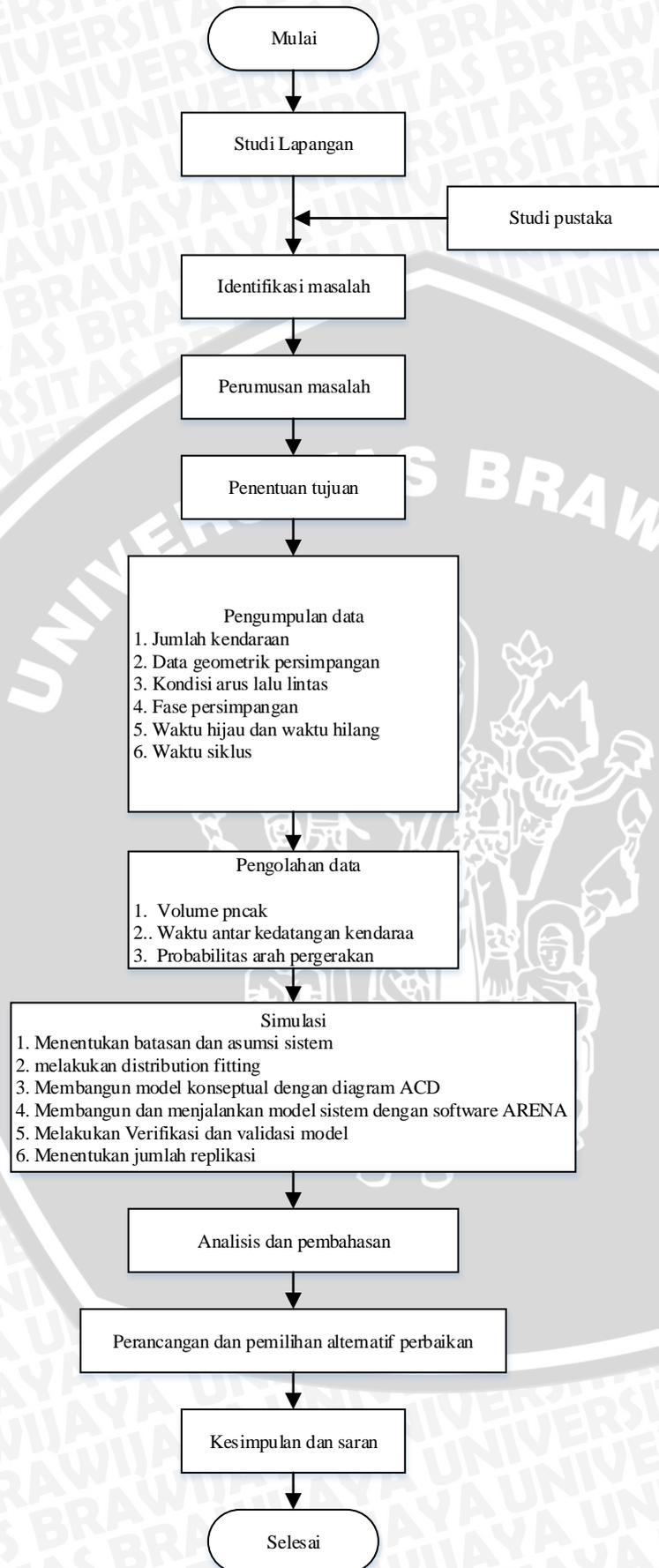
Rekomendasi perbaikan dilakukan dengan melakukan perumusan beberapa alternatif perbaikan untuk mengurangi waktu tunggu yang ditimbulkan dalam sistem. Alternatif perbaikan dilakukan dengan menggunakan beberapa alternatif skenario perbaikan yang selanjutnya dilakukan pemilihan alternatif skenario perbaikan yang terbaik dengan melakukan simulasi sistem dengan perbaikan yang diusulkan.

3. Kesimpulan dan Saran

Setelah keseluruhan proses penelitian selesai dilakukan, maka tahapan akhir adalah membuat kesimpulan dari semua proses yang dijalani dengan menuliskan hasil akhir dari penelitian yang menjawab tujuan penelitian di awal. Selain itu juga diberikan saran terkait penelitian apa yang hendaknya dilakukan sebagai bentuk tindak lanjut dari penelitian yang dilakukan saat ini.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian digambarkan dalam diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1. Penelitian tahap awal meliputi studi lapangan dan studi pustaka dan diakhiri pada tahap kesimpulan dan saran.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data merupakan prosedur yang standar dan sistematis dalam penulisan ilmiah. Untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan perlu melakukan pengamatan langsung, interview dan pengambilan data-data sekunder. Dalam penulisan ilmiah ini pengumpulan data ini dilakukan di Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang. Setelah data tersebut terkumpul lalu dilakukan pengolahan dan pembahasan sehingga bisa didapatkan hasil penelitian yang nantinya akan menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian yang sudah diterapkan.

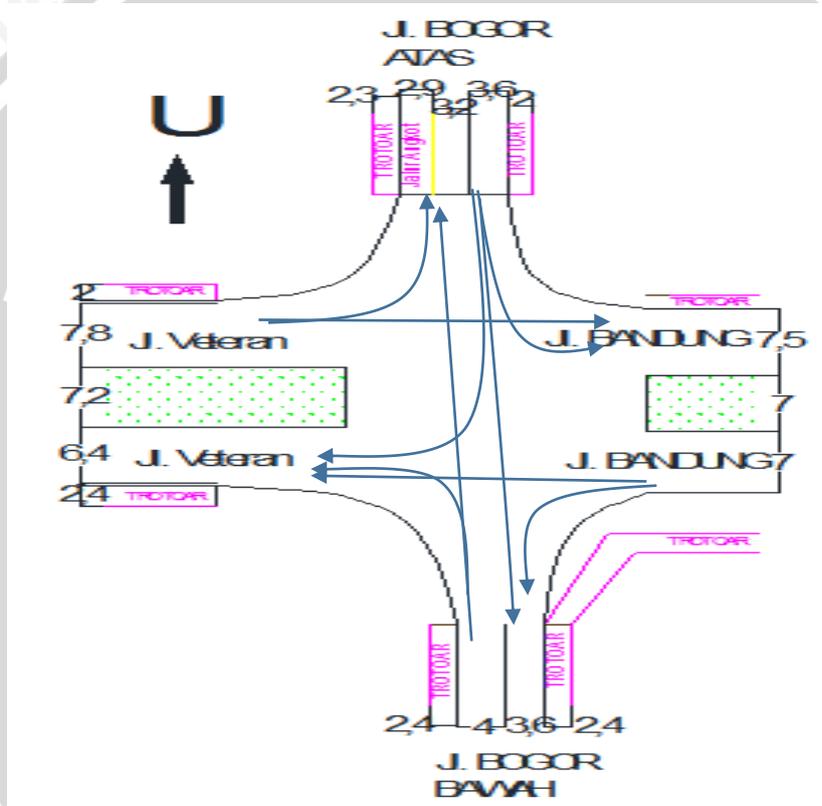
4.1 Gambaran Umum Arus Lalu Lintas Persimpangan

Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang adalah salah satu simpang bersinyal yang berada di Kota Malang yang sering dilalui oleh berbagai macam jenis kendaraan masyarakat kota Malang untuk melakukan aktivitas. Jenis kendaraan yang sering melewati persimpangan ini seperti mobil, motor, angkutan umum, bus sedang, bus besar, truk sedang, truk besar, container, truk gandeng, dan berbagai jenis kendaraan tidak bermotor seperti sepeda, gerobak, dan sekuter. Pada Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang dikelilingi beberapa universitas dan sekolah seperti Universitas Brawijaya, FIK Universitas Negeri Malang, Wearness LPK, dan Madrasah Aliyah Negeri 3 Malang. Kemudian terdapat pusat perbelanjaan seperti MX Mall dan Malang Town Square yang menjadi tempat perbelanjaan yang sering dikunjungi di Kota Malang. Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang memiliki 4 macam ruas jalan dengan keterangan sebagai berikut:

- Utara : Jl. Bogor Atas
- Selatan : Jl. Bogor Bawah
- Timur : Jl. Bandung
- Barat : Jl. Veteran Malang

Macam – macam ruas pada Persimpangan Bogor Veteran ini merupakan akses menuju berbagai macam tujuan kegiatan. Ruas Jl. Bogor Atas yang terletak di sisi Utara merupakan akses menuju Jl. Veteran Malang, Jl. Bogor Bawah, dan Jl. Bandung. Ruas Jl. Bogor Bawah yang terletak di sisi Selatan merupakan akses menuju Jl. Bogor Atas, dan Jl. Veteran Malang. Ruas Jl. Bandung yang berada di sisi Timur merupakan akses menuju Jl. Veteran Malang,

dan Jl. Bogor Bawah. Ruas Jl. Veteran Malang yang berada di sisi Barat merupakan akses menuju Jl. Bogor Atas dan Jl. Bandung. Terdapat 3 fase pada persimpangan ini yaitu fase pertama adalah kondisi dimana saat terjadi lampu hijau pada ruas Jl. Bogor Atas akan terjadi lampu merah pada ruas jalan lainnya, fase kedua adalah kondisi dimana akan terjadi lampu hijau yang bersamaan pada ruas Jl. Veteran dan ruas Jl. Bandung kemudian pada ruas Jl. Bogor Atas dan Jl. Bogor bawah akan terjadi lampu merah, fase ketiga adalah kondisi dimana saat terjadi lampu hijau pada ruas Jl. Bogor Bawah akan terjadi lampu merah pada ruas jalan lainnya. Kondisi geometrik persimpangan Bogor Veteran secara rinci dapat di lihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kondisi geometrik Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang

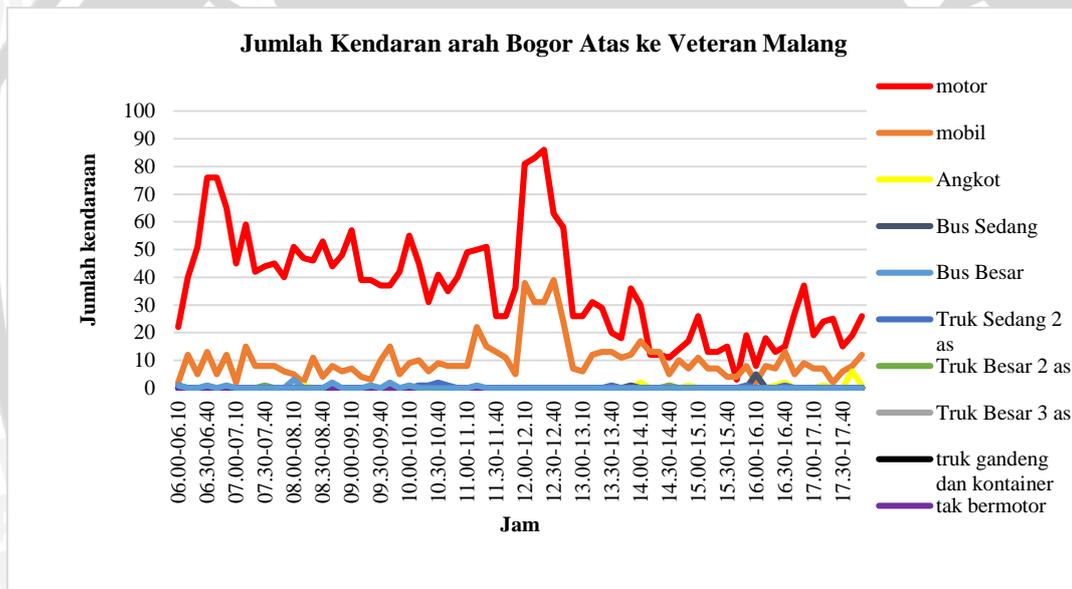
4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap pertama yang digunakan sebelum menganalisis kondisi yang terjadi di persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang. Adapun Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan observasi langsung di lapangan dan mendapatkan data sekunder dari Laboratorium Transportasi Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Sedangkan data yang dikumpulkan untuk penelitian ini dapat dibedakan menjadi dua jenis data yaitu data untuk simulasi dan data untuk keperluan perhitungan MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia).

4.2.1 Kondisi Arus Lalu Lintas Persimpangan Per 10 Menit

Pengumpulan data kondisi arus lalu lintas digunakan untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melintas di Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang berdasarkan arah pergerakan kendaraan di persimpangan tersebut. Pengambilan data jumlah kendaraan dilakukan berdasarkan banyaknya kendaraan sesuai dengan jenis kendaraan yang melintasi pada di Persimpangan Bogor Veteran per 10 menit. Jenis kendaraan yang diamati adalah Mobil, Motor, angkutan umum (MPU), Bus sedang, bus besar, truk sedang 2 as, truk besar 2 as, truk besar 3 as, dan kendaraan tak bermotor seperti sepeda, gerobak, skutter, dan lain-lain. Data Jumlah Kendaraan yang melintas di Persimpangan Bogor Veteran dapat dilihat pada Lampiran 1. Berikut ini merupakan grafik data jumlah kendaraan yang melintas sesuai arah pergerakan pada setiap ruas di Persimpangan Bogor Veteran per 10 menit.

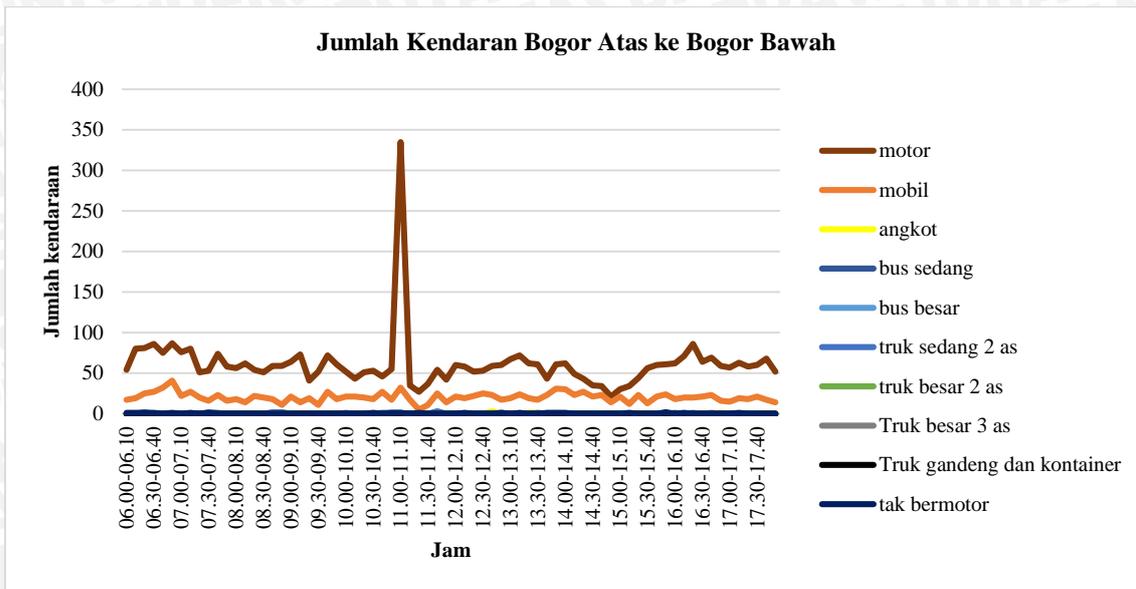
1. Kendaraan dari arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Veteran Malang



Gambar 4.2 Grafik Jumlah Kendaraan arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Veteran

Pada Gambar 4.2 menunjukkan grafik banyaknya Jumlah Kendaraan yang melalui Persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Veteran Malang. Misalkan pada pukul 06.00-06.10 banyaknya kendaraan untuk jenis motor yang melalui persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Veteran Malang adalah sebanyak 22 buah.

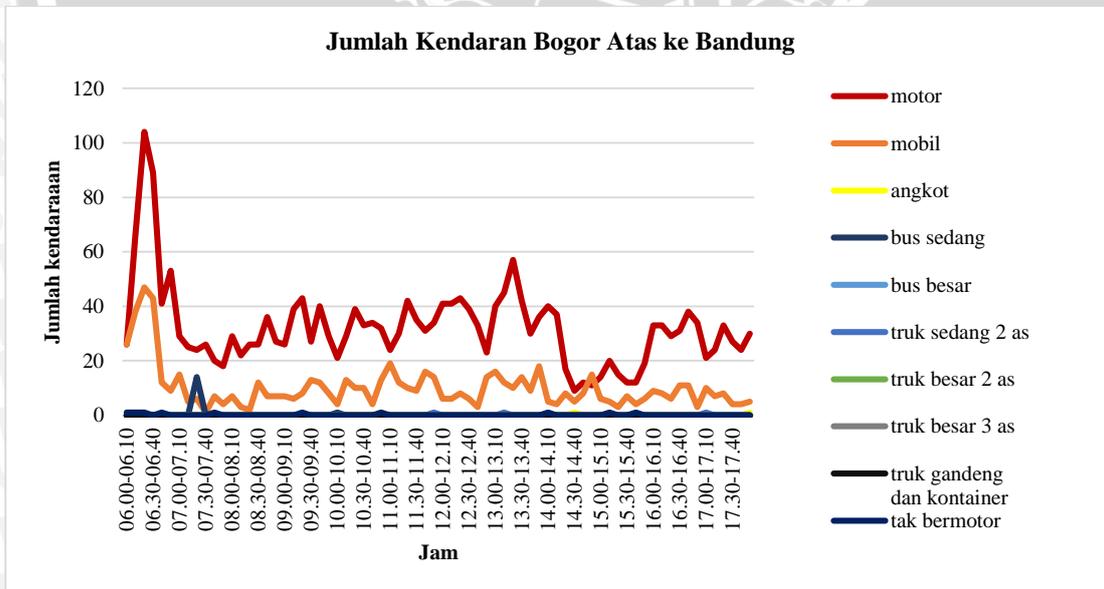
2. Kendaraan dari arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Bogor Bawah



Gambar 4.3 Grafik Jumlah Kendaraan arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Bogor Bawah

Pada Gambar 4.3 menunjukkan grafik banyaknya Jumlah Kendaraan yang melalui Persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Bogor Bawah. Misalkan pada pukul 06.00-06.10 banyaknya kendaraan untuk jenis motor yang melalui persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Bogor Bawah adalah sebanyak 54 buah.

3. Kendaraan dari arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Bandung

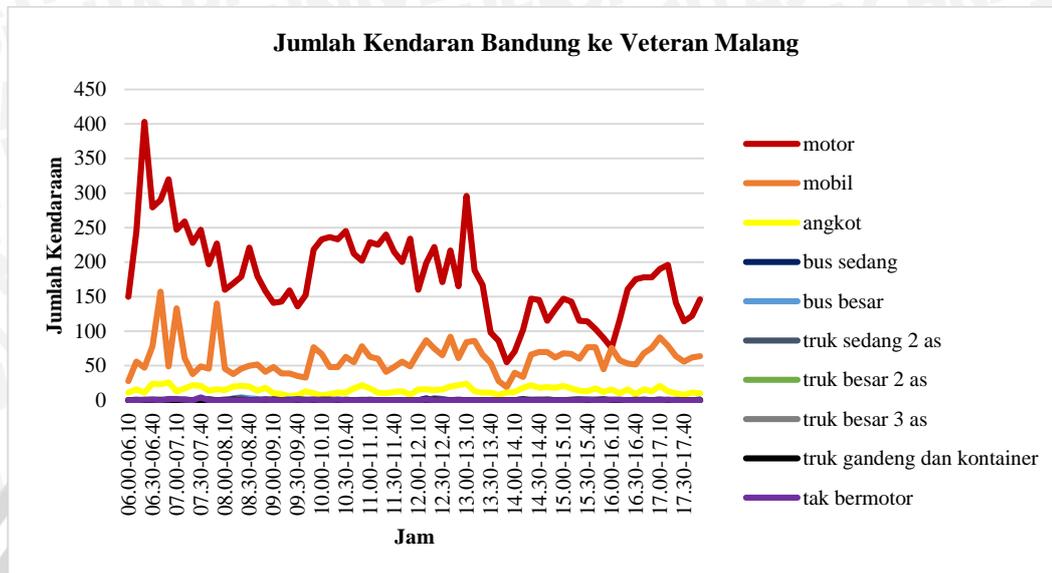


Gambar 4.4 Grafik Jumlah Kendaraan arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Bandung

Pada Gambar 4.4 menunjukkan grafik banyaknya Jumlah Kendaraan yang melalui Persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Bandung. Misalkan pada pukul

06.00-06.10 banyaknya kendaraan untuk jenis motor yang melalui persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bogor Atas ke Jl. Bandung adalah sebanyak 26 buah.

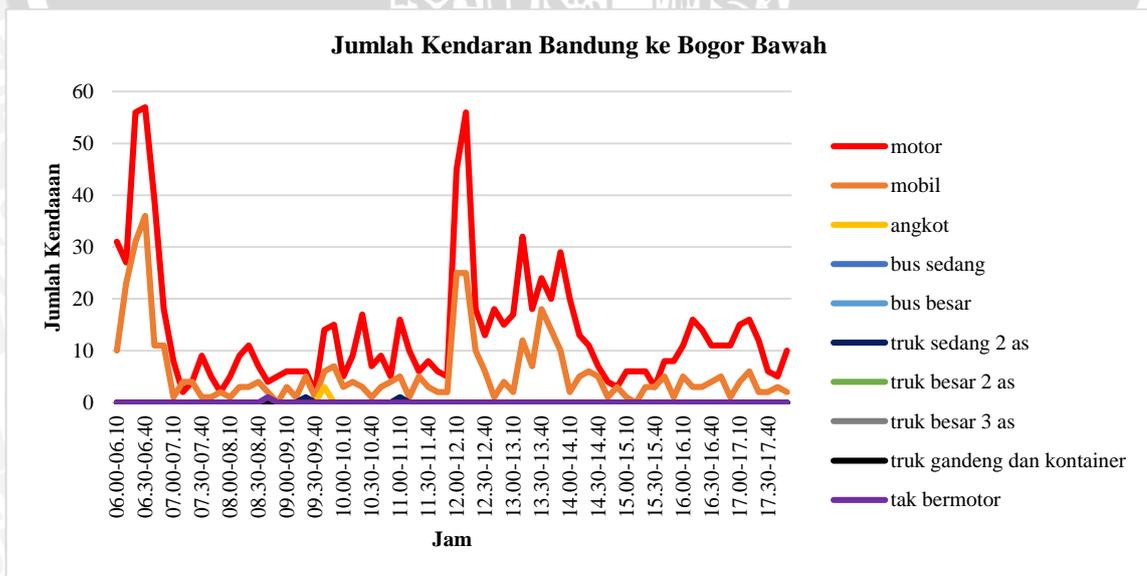
4. Kendaraan dari arah Jl. Bandung ke Jl. Veteran Malang



Gambar 4.5 Grafik Jumlah Kendaraan arah Jl. Bandung ke Jl. Veteran Malang

Pada Gambar 4.5 menunjukkan grafik banyaknya Jumlah Kendaraan yang melalui Persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bandung ke Jl. Veteran Malang. Misalkan pada pukul 06.00-06.10 banyaknya kendaraan untuk jenis motor yang melalui persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bandung ke Jl. Veteran Malang adalah sebanyak 150 buah.

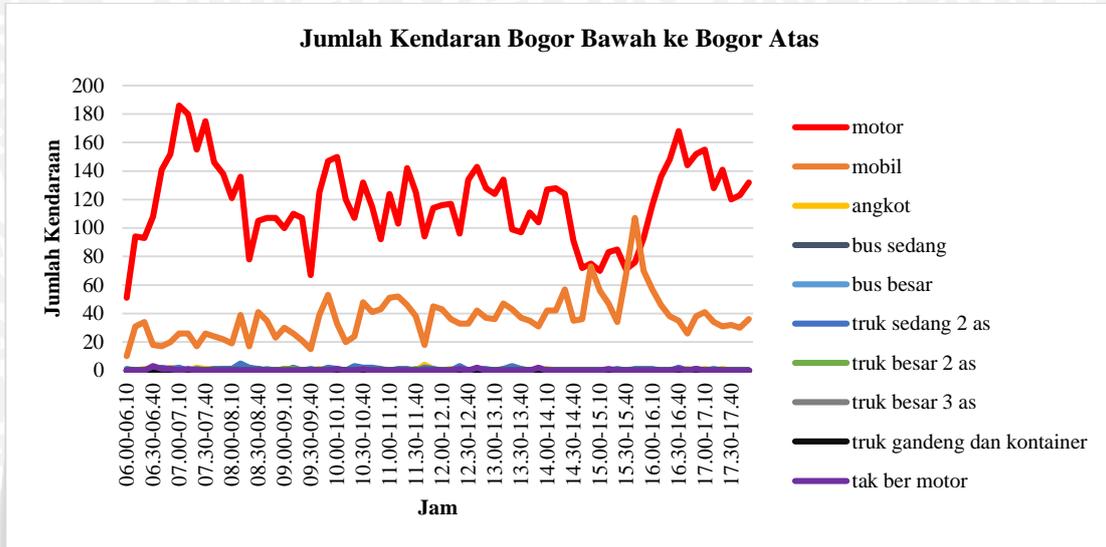
5. Kendaraan dari arah Jl. Bandung ke Jl. Bogor Bawah



Gambar 4.6 Grafik Jumlah Kendaraan arah Jl. Bandung ke Jl. Bogor Bawah

Pada Gambar 4.6 menunjukkan grafik banyaknya Jumlah Kendaraan yang melalui Persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bandung ke Jl. Bogor Bawah. Misalkan pada pukul 06.00-06.10 banyaknya kendaraan untuk jenis motor yang melalui persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bandung ke Jl. Bogor Bawah adalah sebanyak 31 buah.

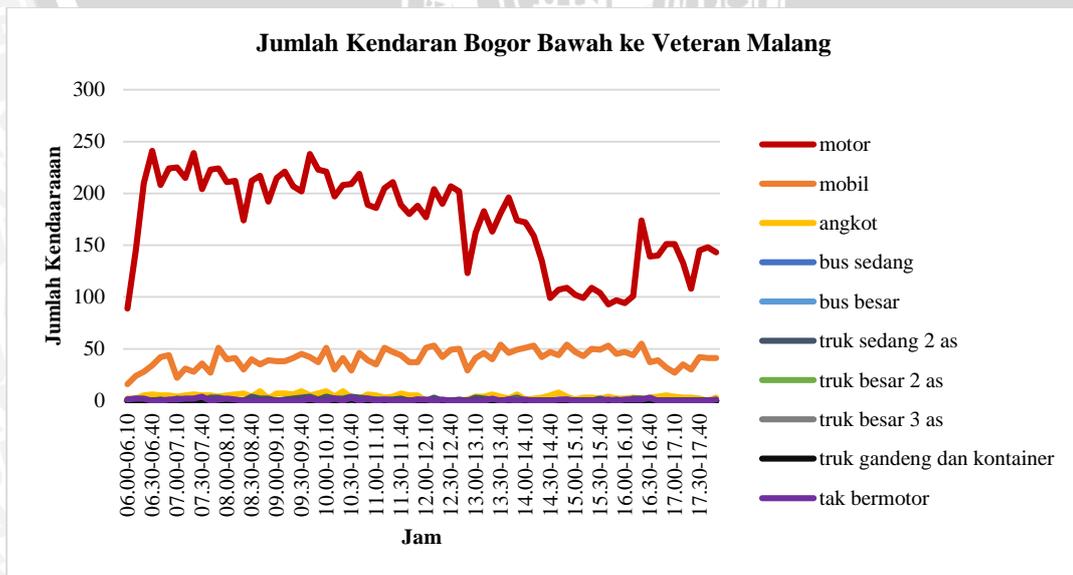
6. Kendaraan dari arah Jl. Bogor Bawah ke Jl. Bogor Atas



Gambar 4.7 Grafik Jumlah Kendaraan arah Jl. Bogor Bawah ke Jl. Bogor Atas

Pada Gambar 4.7 menunjukkan grafik banyaknya Jumlah Kendaraan yang melalui Persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bogor Bawah ke Jl. Bogor Atas. Misalkan pada pukul 06.00-06.10 banyaknya kendaraan untuk jenis motor yang melalui persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bogor Bawah ke Jl. Bogor Atas adalah sebanyak 51 buah.

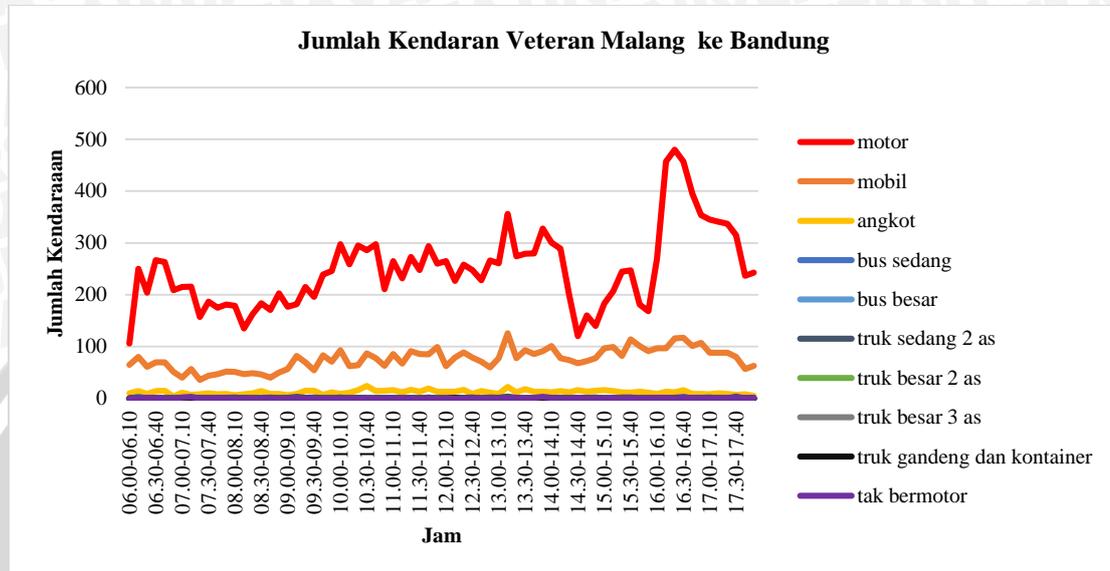
7. Kendaraan dari arah Jl. Bogor Bawah ke Jl. Veteran Malang



Gambar 4.8 Grafik Jumlah Kendaraan arah Jl. Bogor Bawah ke Jl. Veteran Malang

Pada Gambar 4.8 menunjukkan grafik banyaknya Jumlah Kendaraan yang melalui Persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bogor Bawah ke Jl. Veteran Malang. Misalkan pada pukul 06.00-06.10 banyaknya kendaraan untuk jenis motor yang melalui persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Bogor Bawah ke Jl. Veteran Malang adalah sebanyak 89 buah.

8. Kendaraan dari arah Jl. Veteran Malang ke Jl. Bandung

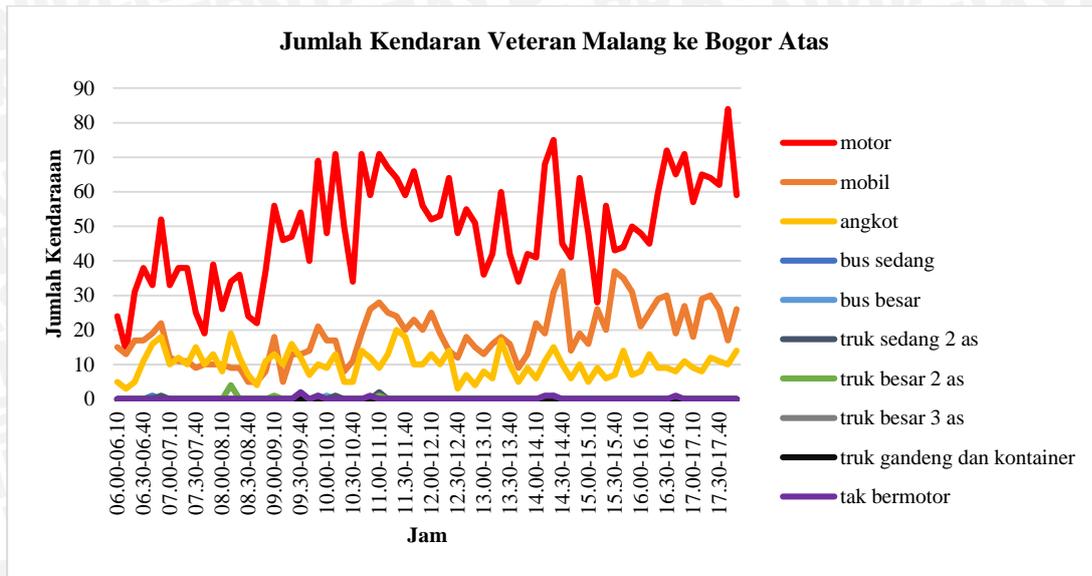


Gambar 4.9 Grafik Jumlah Kendaraan arah Jl. Veteran Malang ke Jl. Bandung

Pada Gambar 4.9 menunjukkan grafik banyaknya Jumlah Kendaraan yang melalui Persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Veteran Malang ke Jl. Bandung. Misalkan pada pukul 06.00-06.10 banyaknya kendaraan untuk jenis motor yang melalui persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Veteran Malang ke Jl. Bandung adalah sebanyak 106 buah.

9. Kendaraan dari arah Jl. Veteran Malang ke Jl. Bogor Atas

Pada Gambar 4.10 menunjukkan grafik banyaknya Jumlah Kendaraan yang melalui Persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Veteran Malang ke Jl. Bogor Atas. Misalkan pada pukul 06.00-06.10 banyaknya kendaraan untuk jenis motor yang melalui persimpangan Bogor Veteran dari arah Jl. Veteran Malang ke Jl. Bogor Atas adalah sebanyak 24 buah.



Gambar 4.10 Grafik Jumlah Kendaraan arah Jl. Veteran Malang ke Jl. Bogor Atas

4.2.2 Fase Persimpangan

Persimpangan Bogor Veteran merupakan Simpang bersinyal yang mempunyai 3 fase dimana masing masing fase memiliki waktu hijau yang berbeda-beda. Fase Persimpangan Bogor Veteran dapat dilihat di Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Fase Persimpangan Bogor Veteran

Jam	Ruas	Fase	Waktu siklus (detik)	Lampu Hijau	Lampu Kuning	Lampu Merah
06.00-18.00	Jl. Bogor Atas	1	106	22	3	81
	JL.Bogor Bawah	3		41	3	62
	Jl. Veteran	2		34	3	69
	Jl. Bandung	2		34	3	69

4.3 Pengolahan Data

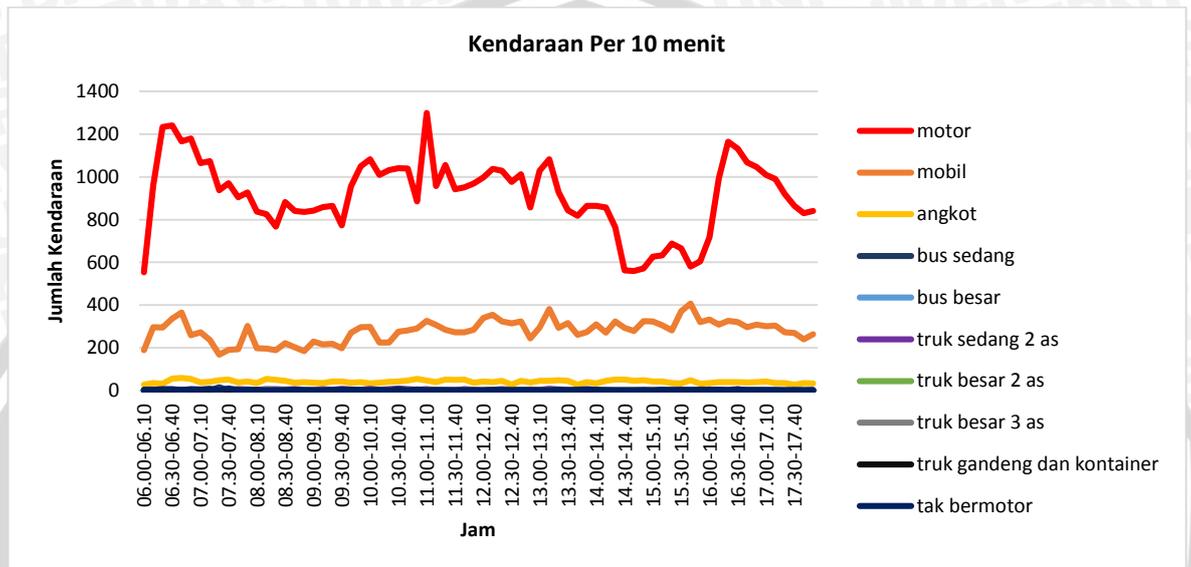
Pengolahan data yang akan dilakukan pada tahap ini meliputi mencari volume puncak (pada pagi hari, siang hari, dan sore hari), menentukan distribusi waktu antar kedatangan kendaraan, dan menentukan probabilitas arah pergerakan kendaraan.

4.3.1 Volume Puncak

Pengolahan data pada subab ini dilakukan untuk menentukan puncak terpadat pada Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang di pagi hari, siang hari, dan sore hari.

4.3.1.1 Jumlah Kendaraan Per 10 Menit

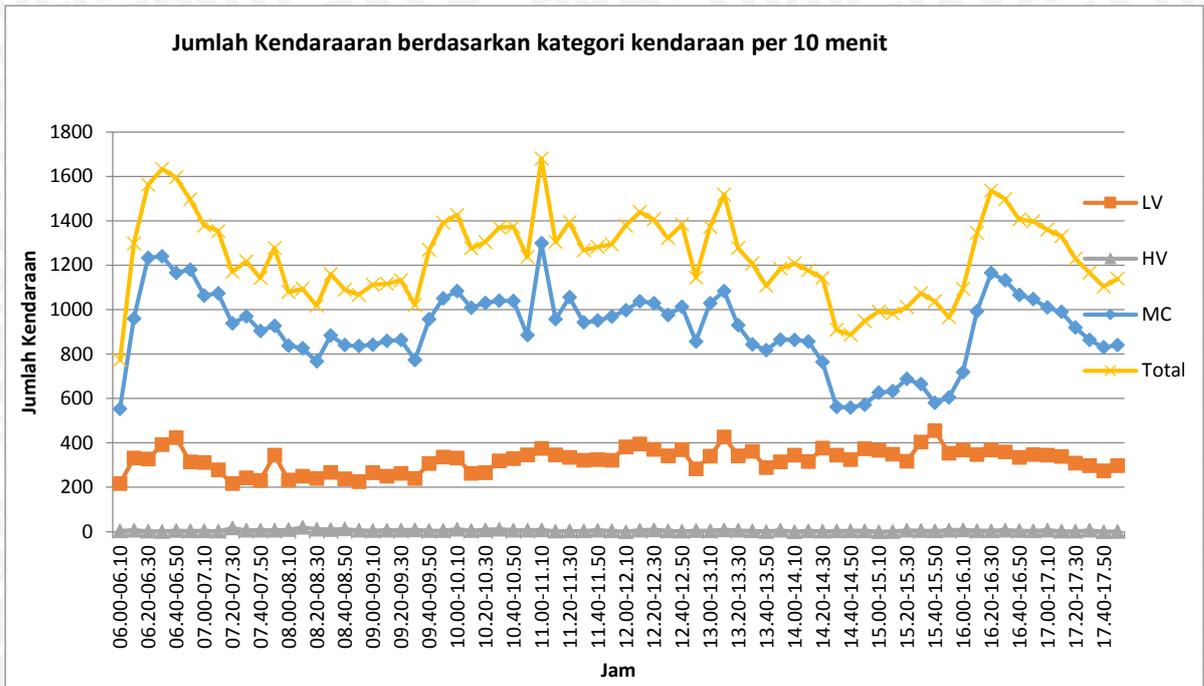
Pada subab ini akan menghitung jumlah kendaraan berdasarkan masing-masing jenis kendaraan yang melintas di Persimpangan Bogor Veteran per 10 menit. Misalkan pada pukul 06.00-06.10 banyaknya kendaraan untuk jenis motor yang melalui persimpangan Bogor Veteran adalah sebanyak 553 buah. Jumlah kendaraan per 10 menit dapat dilihat pada Lampiran 2. Grafik jumlah kendaraan per 10 menit dapat dilihat pada Gambar 4. 11



Gambar 4.11 Grafik jumlah kendaraan yang melintas di Persimpangan Bogor Veteran per 10 menit

4.3.1.2 Jumlah Kendaraan Berdasarkan Kategori per 10 menit

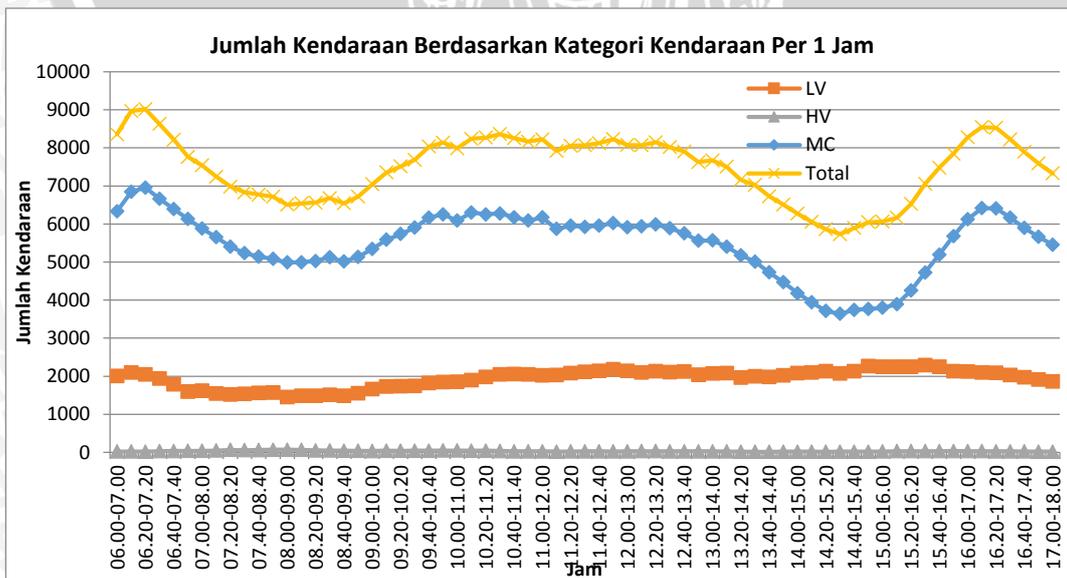
Pada subab ini akan mengkonversikan setiap jenis kendaraan yang melintas pada persimpangan Bogor Veteran berdasarkan kategori kendaraan. Untuk kategori kendaraan MC merupakan jumlah kendaraan motor yang melintas, untuk kategori kendaraan LV merupakan jumlah kendaraan mobil, angkot, bus sedang, dan bus besar yang melintas, dan untuk kategori kendaraan HV merupakan jumlah kendaraan truk sedang 2as, truk besar 2as, truk besar 3as, dan truk gandeng. Jumlah kendaraan Berdasarkan kategori kendaraan per 10 menit dapat dilihat pada Lampiran 3. Grafik jumlah kendaraan Berdasarkan kategori kendaraan per 10 menit dapat dilihat pada Gambar 4. 12. Misalkan pada pukul 06.00-06.10 banyaknya kendaraan untuk kategori LV yang melalui persimpangan Bogor Veteran adalah sebanyak 217 buah.



Gambar 4.12 Grafik jumlah kendaraan berdasarkan kategori kendaraan

4.3.1.3 Jumlah Kendaraan Berdasarkan Kategori Per 1 jam

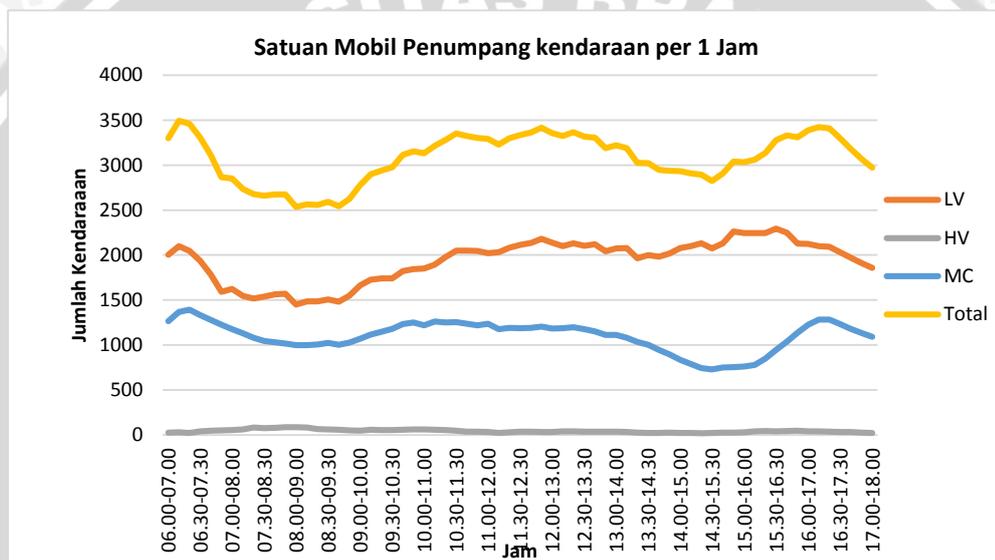
Pada subab ini dilakukan perhitungan dari konversi jumlah kendaraan berdasarkan kategori kendaraan per 10 menit diubah menjadi jumlah kendaraan berdasarkan kategori kendaraan per 1 jam. Misalkan pada pukul 06.00-07.00 banyaknya kendaraan untuk kategori LV yang melalui persimpangan Bogor Veteran adalah sebanyak 2005 buah. Jumlah kendaraan berdasarkan kategori kendaraan per 1 jam dapat dilihat pada lampiran 4. Grafik jumlah kendaraan berdasarkan kategori kendaraan per 1 jam dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Grafik jumlah kendaraan berdasarkan kategori kendaraan per 1 jam

4.3.1.4 Jumlah Kendaraan Berdasarkan Satuan Mobil Penumpang (SMP) Per 1 jam

Karakteristik pergerakan tiap jenis kendaraan berbeda-beda. Hal ini dikarenakan dimensi, kecepatan, dan percepatan masing-masing jenis kendaraan berbeda-beda, selain pengaruh geometrik jalan. Untuk menyamakan satuan dari setiap jenis kendaraan, maka digunakan standar satuan yang biasa digunakan dalam perencanaan lalu lintas, yaitu Satuan Mobil Penumpang (SMP). Pada subab ini dilakukan perhitungan satuan mobil penumpang kendaraan per 1 jam dari jumlah kendaraan berdasarkan kategori kendaraan per 1 jam dikalikan dengan ekuivalen kendaraan penumpang untuk jalan terlindung. SMP kendaraan per satuan 1 jam dapat dilihat pada lampiran 5. SMP kendaraan per satuan 1 jam dapat dilihat pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Grafik Satuan Mobil Penumpang kendaraan per 1 jam

Berdasarkan Gambar 4.14 diketahui puncak terpadat di persimpangan Bogor Veteran, kota Malang pada pagi hari, siang hari, dan sore hari adalah dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Puncak Kepadatan Lalu Lintas Persimpangan Bogor Veteran

No	Waktu	Jam	Total kendaraan	Smp kendaraan
1	Pagi	06.10-07.10	8965	3496.4
2	Siang	11.50-12.50	8226	3415.6
3	Sore	16.10-17.10	8545	3422.8

4.3.2 Waktu Antar Kedatangan

Waktu antar kedatangan digunakan untuk input penggunaan *software* Arena 5.0. Data kedatangan kendaraan akan diolah menjadi waktu antar kedatangan dengan menggunakan Input Analyzer yang terdapat di Arena 5.0. Pemilihan distribusi yang tepat dari *Input Analyzer* didapatkan berdasarkan *square error* terkecil sehingga distribusi terpilih memiliki tingkat error yang kecil. Gambaran waktu antar kedatangan berbagai jenis kendaraan yang melewati Persimpangan Bogor Veteran sesuai variasi dapat dilihat sebagai berikut:

1. Jl. Bogor Atas

Tabel 4.3 Distribusi Waktu Antar Kedatangan Jl. Bogor Atas

NO	Jenis Kendaraan	Distribusi Terpilih (detik)		
		Pagi(06.10-07.10)	Siang (11.50-12.50)	Sore(16.10-17.10)
1	Motor	$2.22 + \text{EXPO}(0.815)$	$3.09 + \text{LOGN}(0.76, 0.87)$	$4.3 + 2.07 * \text{BETA}(0.495, 0.856)$
2	Mobil	$7 + \text{LOGN}(3.72, 6.65)$	$8 + \text{LOGN}(3.45, 3.89)$	$\text{NORM}(17.3, 2.57)$
3	Angkutan Umum	$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$	$-0.001 + \text{WEIB}(0.103, 0.176)$	$-0.001 + \text{EXPO}(250)$
4	Truk Sedang 2 as	$-0.001 + \text{WEIB}(0.121, 0.17)$	$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$	$-0.001 + 600 * \text{BETA}(0.114, 0.113)$

Tabel 4.3 menunjukkan distribusi waktu antar kedatangan kendaraan di Jl. Bogor Atas persimpangan Bogor Veteran, Malang pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB, siang hari pukul 11.50-12.50 WIB, dan sore hari pukul 16.10-17.10 WIB. Misalkan untuk distribusi waktu antar kedatangan kendaraan jenis motor yang melintas di ruas Jl. Bogor Atas pada pagi hari pukul 06.10-07.10 adalah $2.22 + \text{EXPO}(0.815)$ detik.

2. Jl. Bogor Bawah

Tabel 4.4 Distribusi Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Jl. Bogor Bawah

NO	Jenis Kendaraan	Distribusi Terpilih (detik)		
		Pagi(06.10-07.10)	Siang (11.50-12.50)	Sore(16.10-17.10)
1	Motor	$1.35 + \text{LOGN}(0.489, 0.412)$	$\text{UNIF}(1.7, 2.14)$	$1.79 + \text{LOGN}(0.272, 0.224)$
2	Mobil	$9.06 + 3.76 * \text{BETA}(0.637, 0.826)$	$6.21 + 1.79 * \text{BETA}(0.528, 0.602)$	$\text{UNIF}(6.17, 9.51)$
3	Angkutan Umum	$85 + \text{WEIB}(35.3, 0.561)$	$-0.001 + \text{WEIB}(13.6, 0.186)$	$120 + \text{EXPO}(56.7)$
4	Bus Sedang	$-0.001 + \text{WEIB}(0.121, 0.17)$		
5	Truk Sedang 2 as	$-0.001 + \text{EXPO}(258)$	$\text{UNIF}(-0.001, 300)$	$\text{UNIF}(-0.001, 600)$
6	Truk Besar 3 as			$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$

Tabel 4.4 menunjukkan distribusi waktu antar kedatangan kendaraan di Jl. Bogor Bawah persimpangan Bogor Veteran, Malang pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB, siang hari pukul 11.50-12.50 WIB, dan sore hari pukul 16.10-17.10 WIB. Misalkan untuk distribusi waktu antar kedatangan kendaraan jenis motor yang melintas di ruas Jl. Bogor Bawah pada pagi hari pukul 06.10-07.10 adalah $1.35 + \text{LOGN}(0.489, 0.412)$ detik.

3. Jl. Veteran Malang

Tabel 4.5 Distribusi Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Jl. Veteran Malang

NO	Jenis Kendaraan	Distribusi Terpilih (detik)		
		Pagi(06.10-07.10)	Siang (11.50-12.50)	Sore(16.10-17.10)
1	Motor	$1.91 + 0.7 * BETA(0.726, 0.74)$	$1.83 + 0.34 * BETA(0.421, 0.474)$	$1.07 + 0.46 * BETA(0.528, 0.666)$
2	Mobil	$6 + LOGN(1.9, 1.85)$	$5 + 2 * BETA(0.801, 0.663)$	$4 + 1.82 * BETA(0.774, 1.15)$
3	Angkutan Umum	$TRIA(19, 26.2, 43)$	$19 + EXPO(9.86)$	$23 + 13 * BETA(0.48, 0.551)$
4	Bus Sedang	$-0.001 + EXPO(133)$		$-0.001 + WEIB(0.157, 0.162)$
5	Bus Besar			$-0.001 + WEIB(2.33, 0.159)$
6	Truk Sedang 2 as	$-0.001 + WEIB(0.157, 0.162)$	$-0.001 + WEIB(1.91, 0.163)$	$UNIF(-0.001, 600)$
7	Truk Besar 3 as			$-0.001 + WEIB(2.33, 0.159)$
8	kontainer		$-0.001 + WEIB(0.157, 0.162)$	

Tabel 4.5 menunjukkan distribusi waktu antar kedatangan kendaraan di Jl. Veteran persimpangan Bogor Veteran, Malang pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB, siang hari pukul 11.50-12.50 WIB, dan sore hari pukul 16.10-17.10 WIB. Misalkan untuk distribusi waktu antar kedatangan kendaraan jenis motor yang melintas di ruas Jl. Veteran Malang pada pagi hari pukul 06.10-07.10 adalah $1.91 + 0.7 * BETA(0.726, 0.74)$ detik.

4. Jl. Bandung

Tabel 4.6 Distribusi Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Jl. Bandung

NO	Jenis Kendaraan	Distribusi Terpilih (detik)		
		Pagi(06.10-07.10)	Siang (11.50-12.50)	Sore(16.10-17.10)
1	Motor	$1.2 + 1.26 * BETA(1.03, 0.888)$	$2.25 + LOGN(0.439, 0.379)$	$2.76 + LOGN(0.643, 0.513)$
2	Mobil	$UNIF(3, 10)$	$5 + GAMM(1.66, 1.55)$	$6 + 5 * BETA(0.963, 0.712)$
3	Angkutan Umum	$23 + 32 * BETA(0.374, 0.538)$	$30 + WEIB(9.44, 0.535)$	$UNIF(28, 67)$
4	Bus Sedang		$-0.001 + WEIB(0.103, 0.176)$	$-0.001 + WEIB(2.33, 0.159)$
5	Bus Besar			$-0.001 + WEIB(0.157, 0.162)$
6	Truk Sedang 2 as	$-0.001 + 600 * BETA(0.112, 0.112)$	$-0.001 + WEIB(1.39, 0.17)$	$-0.001 + WEIB(0.157, 0.162)$
7	Truk Besar 3 as			$-0.001 + WEIB(0.157, 0.162)$
8	kontainer	$-0.001 + WEIB(0.157, 0.162)$	$-0.001 + WEIB(0.157, 0.162)$	

Tabel 4.6 menunjukkan distribusi waktu antar kedatangan kendaraan di Jl. Bandung persimpangan Bogor Veteran, Malang pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB, siang hari pukul 11.50-12.50 WIB, dan sore hari pukul 16.10-17.10 WIB. Misalkan untuk distribusi waktu antar kedatangan kendaraan jenis motor yang melintas di ruas Jl. Bandung pada pagi hari pukul 06.10-07.10 adalah $1.2 + 1.26 * BETA(1.03, 0.888)$ detik.

4.3.3 Probabilitas Arah Pergerakan Kendaraan

Pada subbab ini akan dilakukan pengolahan probabilitas arah pergerakan kendaraan yang terjadi di persimpangan bogor veteran. Hasil dari pengolahan probabilitas ini akan menjadi input pada untuk software ARENA 5.0. Berikut ini adalah probabilitas kendaraan yang terjadi di Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang.

1. Jl. Bogor Atas

Tabel 4.7 Probabilitas Arah Pergerakan Kendaraan Pada Jl. Bogor Atas

Kendaraan	Tujuan	Probabilitas (%)		
		Pagi(06.10-07.10)	Siang (11.50-12.50)	Sore(16.10-17.10)
Motor	Veteran	29	42	18
	Bandung	31	24	26
	Bogor Bawah	40	34	56
Mobil	Veteran	13	50	23
	Bandung	43	13	23
	Bogor Bawah	44	37	54
MPU (Angk.Umum)	Veteran			75
	Bandung			
	Bogor Bawah	100	100	25
Truk sedang 2 as	Veteran			25
	Bandung		100	25
	Bogor Bawah	100		50

Tabel 4.7 menunjukkan probabilitas arah pergerakan kendaraan setelah masuk ke dalam ruas Jl. Bogor Atas pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB, siang hari pukul 11.50-12.50 WIB, dan sore hari pukul 16.10-17.10 WIB. Pengolahan untuk mengetahui probabilitas setiap jenis kendaraan didapatkan dari banyaknya jumlah kendaraan berdasarkan arah pergerakannya dibagi dengan banyaknya jumlah kendaraan yang masuk pada ruas Jl. Bogor Atas. Misalkan untuk jenis kendaraan motor yang masuk ke Jl. Bogor Atas pada pagi hari pukul 06.10-07.10 diketahui sebanyak 353 kendaraan menuju Jl. Veteran Malang, 382 kendaraan menuju Jl. Bandung, dan 485 kendaraan menuju Jl. Bogor Bawah. Sehingga total jumlah kendaraan yang masuk ke Jl. Bogor Atas sebanyak 1220 buah kendaraan. Untuk mencari probabilitas dilakukan perhitungan sebagai berikut (studi kasus probabilitas kendaraan dari Jl. Bogor Atas ke arah Jl. Veteran).

$$\text{Probabilitas kendaraan} = \frac{\text{Banyaknya kendaraan yang menuju Jl. Veteran}}{\text{Total Jumlah Kendaraan}} \times 100 \%$$

$$= \frac{353}{1220} \times 100\% = 29 \%$$

2. Jl. Bogor Bawah

Tabel 4.8 Probabilitas Arah Pergerakan Kendaraan Pada Jl. Bogor Bawah

Kendaraan	Tujuan	Probabilitas (%)		
		Pagi(06.10-07.10)	Siang (11.50-12.50)	Sore(16.10-17.10)
Motor	Veteran	62	62	49
	Bogor Atas	38	38	51
Mobil	Veteran	57	55	51
	Bogor Atas	43	45	49
MPU (Angk.Umum)	Veteran	87	63	91
	Bogor Atas	13	37	9
Bus Sedang	Veteran	100		
	Bogor Atas			
Truk sedang 2 as	Veteran	44	50	57
	Bogor Atas	56	50	43
Truk Besar 3 as	Veteran			
	Bogor Atas			100

Tabel 4.8 menunjukkan probabilitas arah pergerakan kendaraan setelah masuk ke dalam ruas Jl. Bogor Bawah pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB, siang hari pukul 11.50-12.50 WIB, dan sore hari pukul 16.10-17.10 WIB. Pengolahan untuk mengetahui probabilitas setiap jenis kendaraan didapatkan dari banyaknya jumlah kendaraan berdasarkan arah pergerakannya dibagi dengan banyaknya jumlah kendaraan yang masuk pada ruas Jl. Bogor Bawah. Misalkan untuk jenis kendaraan motor yang masuk ke Jl. Bogor Bawah pada pagi hari pukul 06.10-07.10 diketahui sebanyak 1253 kendaraan menuju Jl. Veteran Malang, dan 774 kendaraan menuju Jl. Bogor Atas. Sehingga total jumlah kendaraan yang masuk ke Jl. Bogor Bawah sebanyak 2027 buah kendaraan. Untuk mencari probabilitas dilakukan perhitungan sebagai berikut (studi kasus probabilitas kendaraan dari Jl. Bogor bawah ke arah Jl. Veteran).

$$\text{Probabilitas kendaraan} = \frac{\text{Banyaknya kendaraan yang menuju Jl. Veteran}}{\text{Total Jumlah Kendaraan}} \times 100 \%$$

$$= \frac{1253}{2027} \times 100\% = 62 \%$$

3. Jl. Veteran

Tabel 4.9 Probabilitas Arah Pergerakan Kendaraan Pada Jl. Veteran

Kendaraan	Tujuan	Probabilitas(%)		
		Pagi(06 .10- 07.10)	Siang (11.50- 12.50)	Sore(16.10 -17.10)
Motor	Bandung	88	82	87
	Bogor Atas	12	18	13
Mobil, Sedan, Jeep, Pick-up, Taxi	Bandung	79	82	81
	Bogor Atas	21	18	19
MPU (Angk.Umum)	Bandung	52	58	53
	Bogor Atas	48	42	47
Bus Sedang	Bandung	75		100
	Bogor Atas	25		
Bus Besar	Bandung			100
	Bogor Atas			
Truk sedang 2 as	Bandung		100	100
	Bogor Atas	100		
Truk Besar 3 as	Bandung			100
	Bogor Atas			
Truk Gandeng, Truk Kontainer	Bandung		100	
	Bogor Atas			

Tabel 4.9 menunjukkan probabilitas arah pergerakan kendaraan setelah masuk ke dalam ruas Jl. Veteran pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB, siang hari pukul 11.50-12.50 WIB, dan sore hari pukul 16.10-17.10 WIB. Pengolahan untuk mengetahui probabilitas setiap jenis kendaraan didapatkan dari banyaknya jumlah kendaraan berdasarkan arah pergerakannya dibagi dengan banyaknya jumlah kendaraan yang masuk pada ruas Jl. Veteran. Misalkan untuk jenis kendaraan motor yang masuk ke Jl. Veteran pada pagi hari pukul 06.10-07.10 diketahui sebanyak 1408 kendaraan menuju Jl.Bandung, dan 201 kendaraan menuju Jl.Bogor Atas. Sehingga total jumlah kendaraan yang masuk ke Jl. Veteran sebanyak 1609 buah kendaraan. Untuk mencari probabilitas dilakukan perhitungan sebagai berikut (studi kasus probabilitas kendaraan dari Jl. Veteran ke arah Jl. Bandung).

$$\text{Probabilitas kendaraan} = \frac{\text{Banyaknya kendaraan yang menuju Jl.Bandung}}{\text{Total Jumlah Kendaraan}} \times 100 \%$$

$$= \frac{1408}{1609} \times 100\% = 88 \%$$

4. Jl. Bandung

Tabel 4.10 Probabilitas Arah Pergerakan Kendaraan Pada Jl. Bandung

Kendaraan	Tujuan	Probabilitas (%)		
		Pagi(06.10-07.10)	Siang (11.50-12.50)	Sore(16.10-17.10)
MOTOR	Veteran	90	89	93
	Bogor Bawah	10	11	7
Mobil	Veteran	82	86	95
	Bogor Bawah	18	14	5
MPU (Angk.Umum)	Veteran	100	100	100
	Bogor Bawah			
Bus Sedang	Veteran		100	100
	Bogor Bawah			
Bus Besar	Veteran			100
	Bogor Bawah			
Truk sedang 2 as	Veteran	100	100	100
	Bogor Bawah			
Truk Besar 3 as	Veteran			100
	Bogor Bawah			
Truk Gandeng, Truk Kontainer	Veteran	100	100	
	Bogor Bawah			

Tabel 4.10 menunjukkan probabilitas arah pergerakan kendaraan setelah masuk ke dalam ruas Jl. Bandung pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB, siang hari pukul 11.50-12.50 WIB, dan sore hari pukul 16.10-17.10 WIB. Pengolahan untuk mengetahui probabilitas setiap jenis kendaraan didapatkan dari banyaknya jumlah kendaraan berdasarkan arah pergerakannya dibagi dengan banyaknya jumlah kendaraan yang masuk pada ruas Jl. Bandung. Misalkan untuk jenis kendaraan motor yang masuk ke Jl. Bandung pada pagi hari pukul 06.10-07.10 diketahui sebanyak 1783 kendaraan menuju Jl. Veteran Malang, dan 205 kendaraan menuju Jl. Bogor Bawah. Sehingga total jumlah kendaraan yang masuk ke Jl. Bandung sebanyak 1988 buah kendaraan. Untuk mencari probabilitas dilakukan perhitungan sebagai berikut (studi kasus probabilitas kendaraan dari Jl. Bandung ke arah Jl. Veteran).

$$\text{Probabilitas kendaraan} = \frac{\text{Banyaknya kendaraan yang menuju Jl. Veteran}}{\text{Total Jumlah Kendaraan}} \times 100 \%$$

$$= \frac{1783}{1988} \times 100\% = 90 \%$$

4.4 Model Konseptual

Sebelum melakukan simulasi dengan ARENA, maka harus dibuat model konseptual dari sistem arus lalu lintas persimpangan Bogor Veteran, Malang terlebih dahulu. Model konseptual menggunakan model *Activity Cycle Diagram* (ACD). Dikarenakan setiap ruas jalan di persimpangan Bogor Veteran, Malang mempunyai perilaku sistem yang berbeda, maka model konseptual yang dibuat berbeda untuk masing-masing ruas jalan di

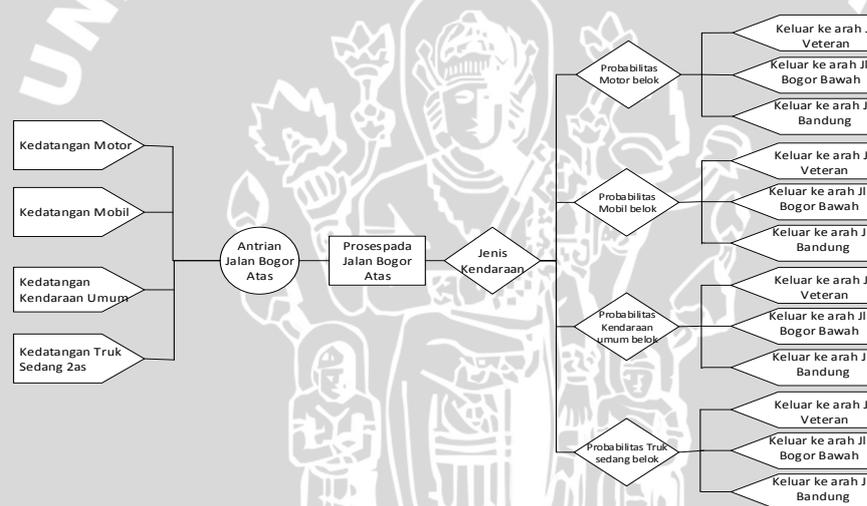
persimpangan tersebut. Berikut ini adalah ACD dari sistem lalu lintas di Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang:

1. Jl. Bogor Atas

Pembuatan model konseptual pada ruas Jl. Bogor Atas di mengikuti kondisi nyata dari sistem nyata di ruas Jl. Bogor persimpangan Bogor Veteran dimana kendaraan yang datang akan masuk ke dalam proses Jl. Bogor Atas kemudian setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bogor Atas.

a. Model konseptual Jl. Bogor Atas pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB.

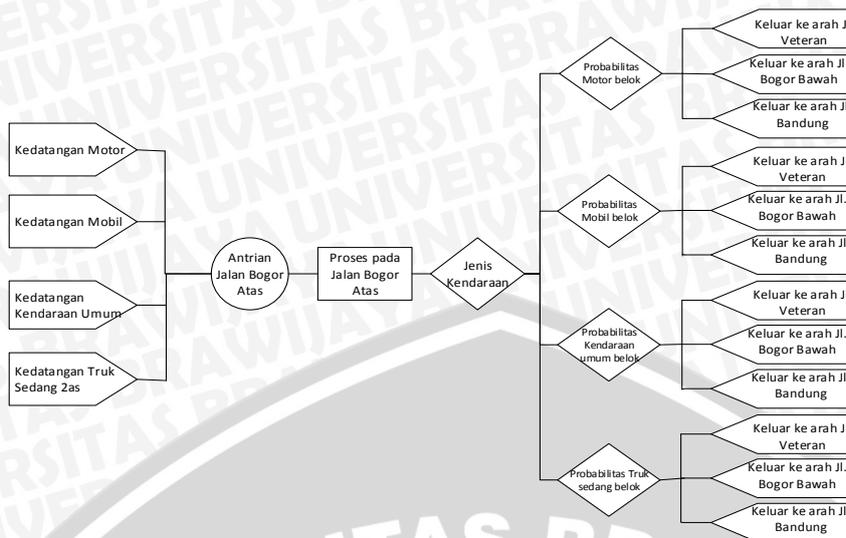
Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Bogor Atas pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, dan truk sedang. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Bogor Atas lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bogor Atas. Gambar 4.15 merupakan gambar model konseptual Jl. Bogor Atas pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB.



Gambar 4. 15 Model konseptual Jl. Bogor Atas kondisi pagi hari

b. Model konseptual Jl. Bogor Atas pada siang hari siang hari pukul 11.50-12.50 WIB.

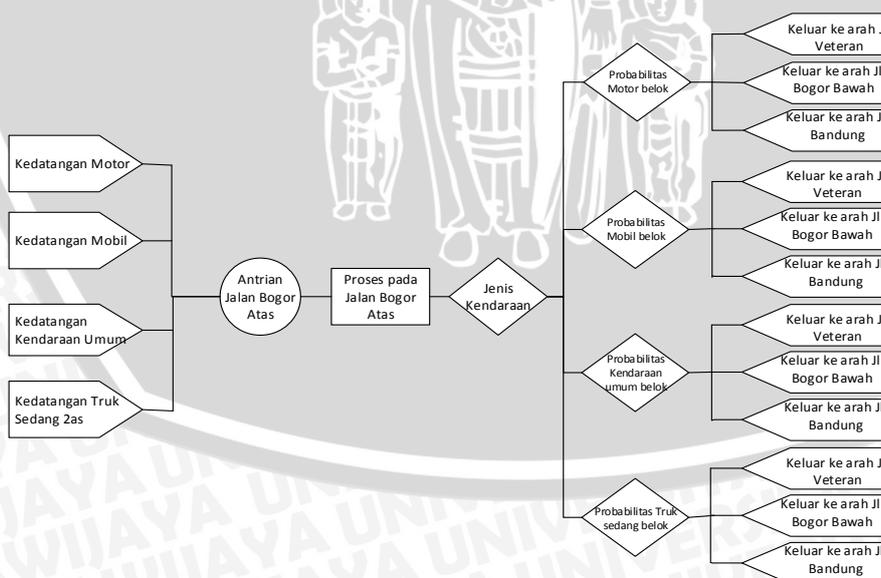
Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Bogor Atas pada siang hari pukul 11.50-12.50 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, dan truk sedang. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Bogor Atas lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bogor Atas. Gambar 4.16 merupakan gambar model konseptual Jl. Bogor Atas pada siang hari siang hari pukul 11.50-12.50 WIB.



Gambar 4. 16 Model konseptual Jl. Bogor Atas kondisi siang hari

c. Model konseptual Jl. Bogor Atas pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB.

Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Bogor Atas pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, dan truk sedang. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Bogor Atas lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bogor Atas. Gambar 4.17 merupakan gambar model konseptual Jl. Bogor Atas pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB.



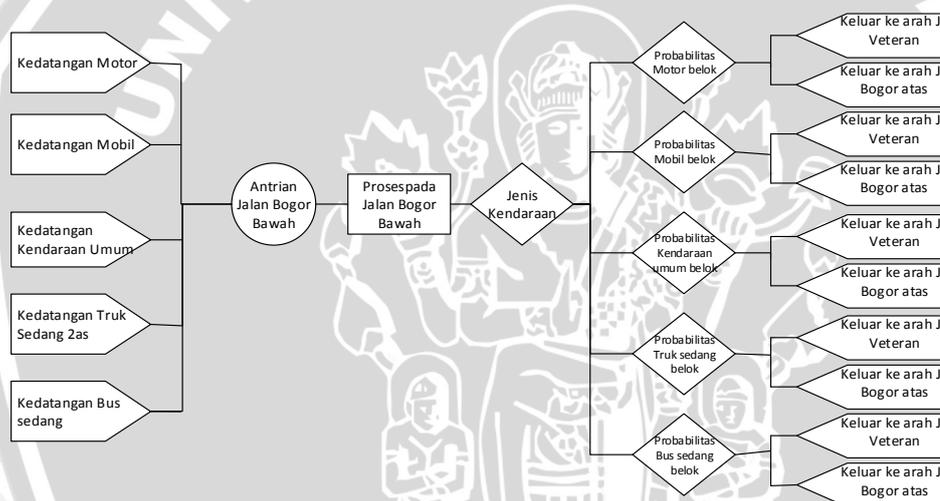
Gambar 4. 17 Model konseptual Jl. Bogor Atas kondisi sore hari

2. Jl. Bogor Bawah

Pembuatan model konseptual pada ruas Jl. Bogor Bawah mengikuti kondisi nyata dari sistem nyata di ruas Jl. Bogor Bawah persimpangan Bogor Veteran dimana kendaraan yang datang akan masuk ke dalam proses Jl. Bogor Bawah kemudian setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bogor Bawah.

a. Model konseptual Jl. Bogor Bawah pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB.

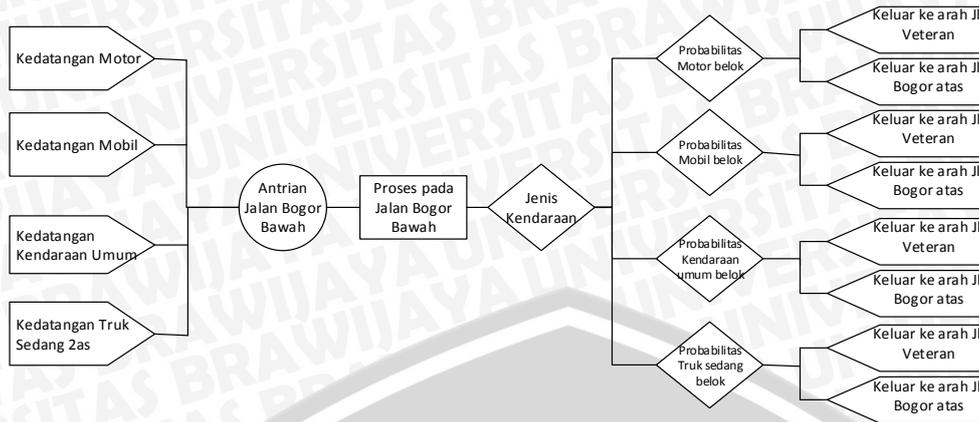
Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Bogor Bawah pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, truk sedang, dan bus sedang. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Bogor Bawah lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bogor Bawah. Gambar 4.18 merupakan gambar model konseptual Jl. Bogor Bawah pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB.



Gambar 4. 18 Model konseptual Jl. Bogor Bawah kondisi pagi hari

b. Model konseptual Jl. Bogor Bawah pada siang hari pukul 11.50-12.50 WIB.

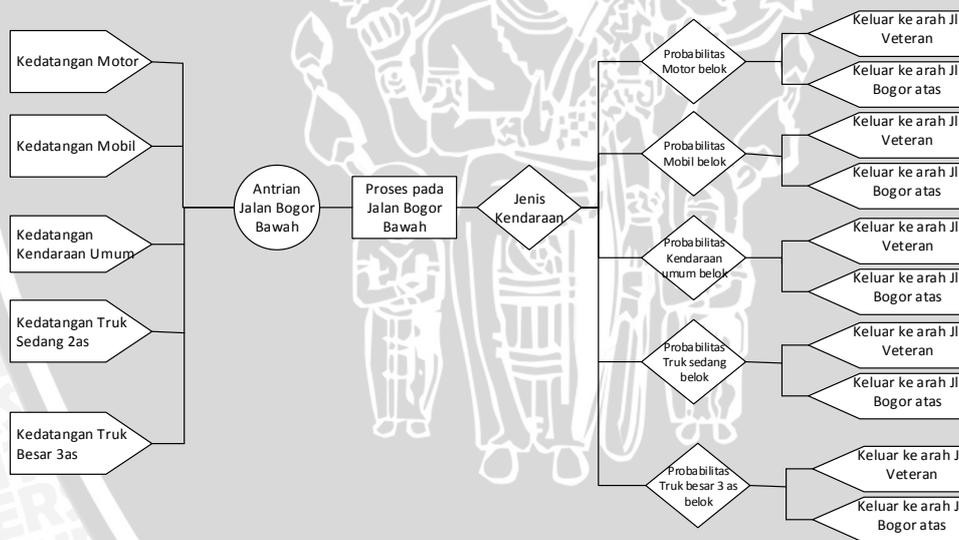
Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Bogor Bawah pada siang hari pukul 11.50-12.50 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, dan truk sedang. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Bogor Bawah lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bogor Bawah. Gambar 4.19 merupakan gambar model konseptual Jl. Bogor Bawah pada siang hari pukul 11.50-12.50 WIB.



Gambar 4. 19 Model konseptual Jl. Bogor Bawah kondisi siang hari

c. Model konseptual Jl. Bogor Bawah pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB.

Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Bogor Bawah pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, truk sedang, dan truk besar. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Bogor Bawah lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bogor Bawah. Gambar 4.20 merupakan gambar model konseptual Jl. Bogor Bawah pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB.



Gambar 4. 20 Model konseptual Jl. Bogor Bawah kondisi sore hari

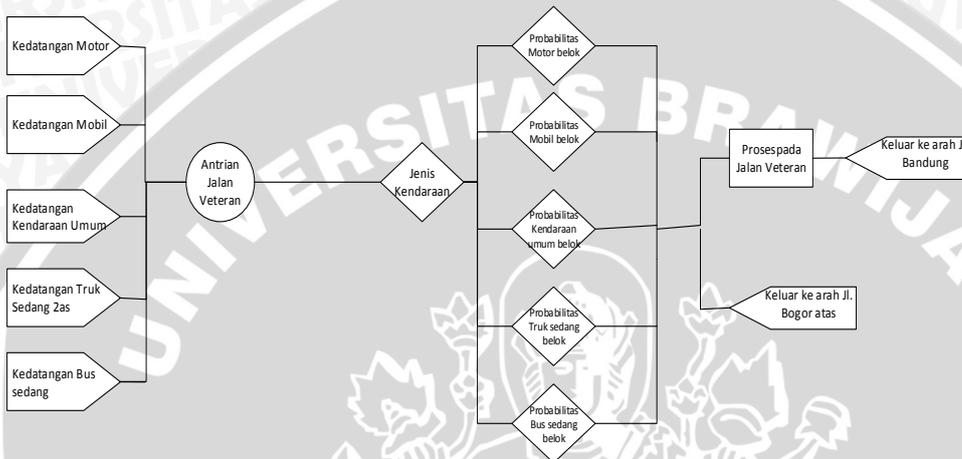
3. Jl. Veteran

Pembuatan model konseptual pada ruas Jl. mengikuti kondisi nyata dari sistem nyata di ruas Jl. Veteran persimpangan Bogor Veteran dimana kendaraan yang datang akan masuk ke dalam proses Jl. Veteran kemudian setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Veteran.



a. Model konseptual Jl. Veteran pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB.

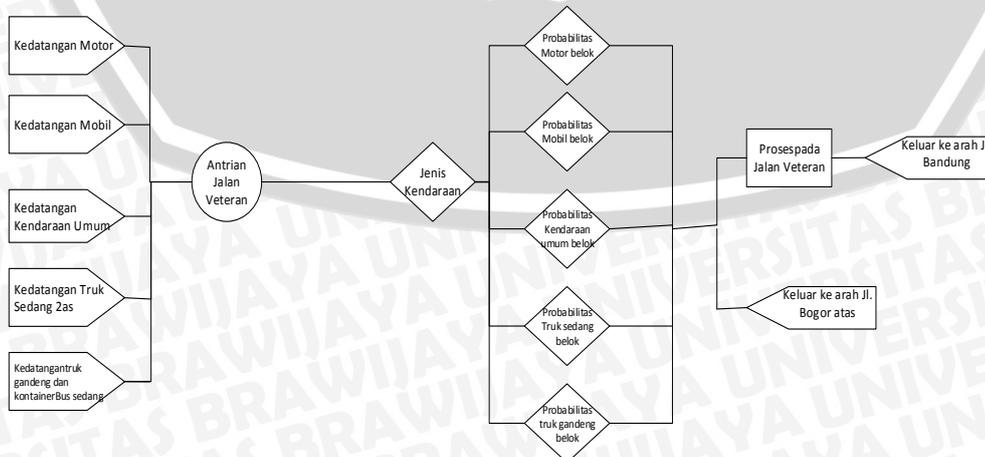
Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Veteran pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, truk sedang, dan bus sedang. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Veteran lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Veteran. Gambar 4.21 merupakan gambar model konseptual Jl. Veteran pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB.



Gambar 4. 21 Model konseptual Jl. Veteran kondisi pagi hari

b. Model konseptual Jl. Veteran pada siang hari pukul 11.50-12.50 WIB.

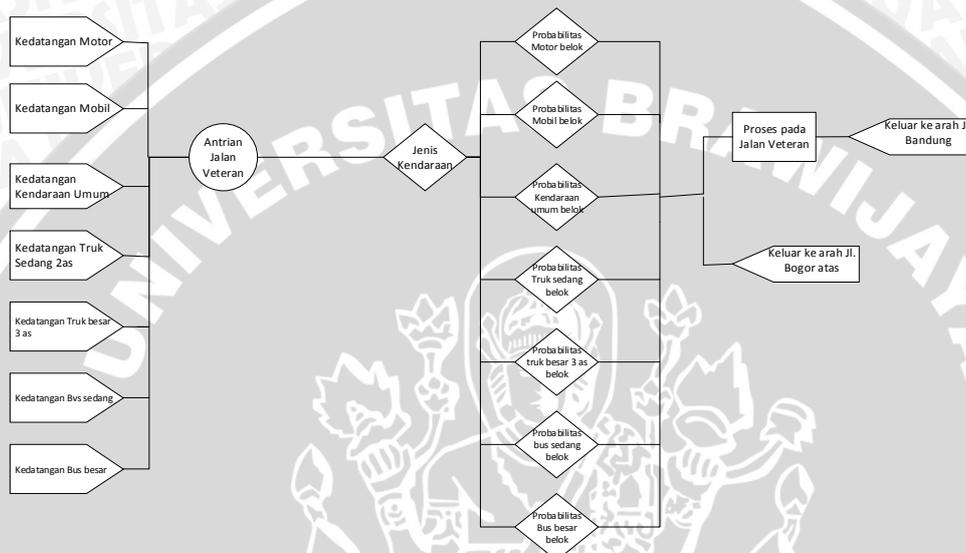
Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Veteran pada siang hari pukul 11.50-12.50 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, truk sedang, dan truk gandeng. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Veteran lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Veteran. Gambar 4.22 merupakan gambar model konseptual Jl. Veteran pada siang hari pukul 11.50-12.50 WIB.



Gambar 4. 22 Model konseptual Jl. Veteran kondisi siang hari

c. Model konseptual Jl. Veteran pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB.

Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Veteran pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, truk sedang, truk besar, bus sedang, dan bus besar. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Veteran lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Veteran. Gambar 4.23 merupakan gambar model konseptual Jl. Veteran pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB.

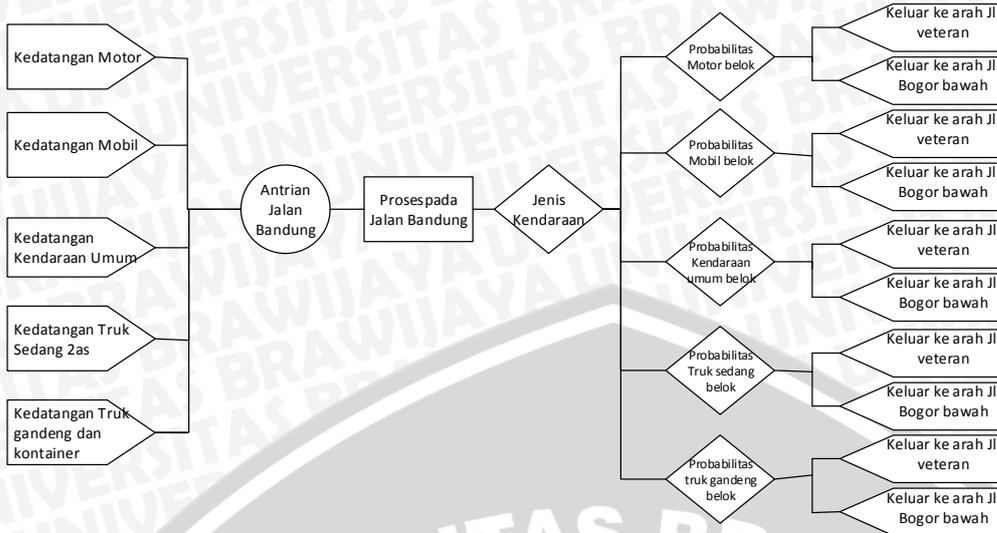


Gambar 4. 23 Model konseptual Jl. Veteran kondisi sore hari
4. Jl. Bandung

Pembuatan model konseptual pada ruas Jl. Bandung mengikuti kondisi nyata dari sistem nyata di ruas Jl. Bandung persimpangan Bogor Veteran dimana kendaraan yang datang akan masuk ke dalam proses Jl. Bandung kemudian setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bandung.

a. Model konseptual Jl. Bandung pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB.

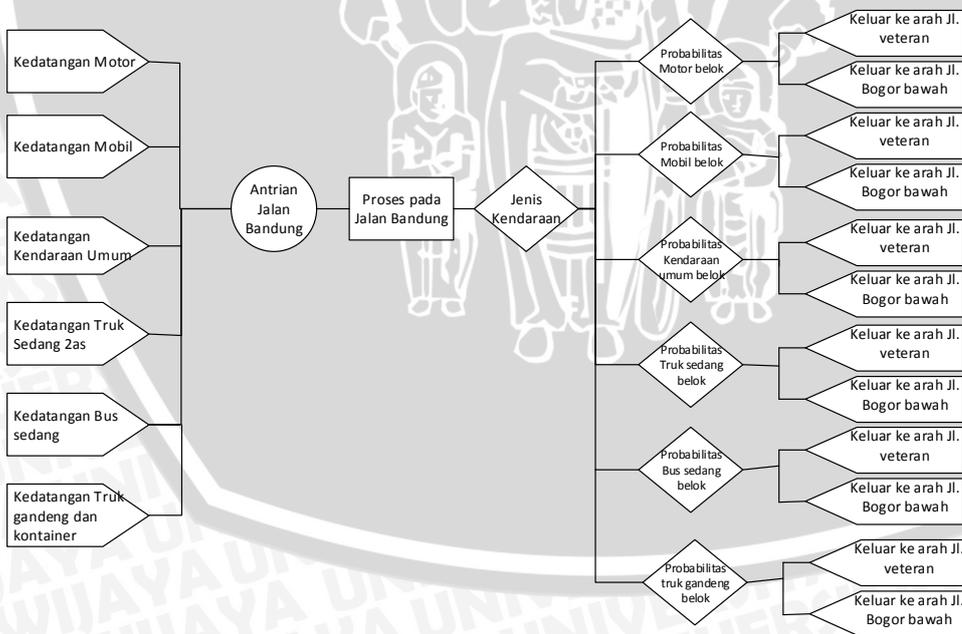
Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Bandung pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, truk sedang, dan truk gandeng. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Bandung lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bandung. Gambar 4.24 merupakan gambar model konseptual Jl. Bandung pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB.



Gambar 4. 24 Model konseptual Jl. Bandung kondisi pagi hari

b. Model konseptual Jl. Bandung pada siang hari pukul 11.50-12.50 WIB.

Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Bandung pada siang hari pukul 11.50-12.50 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, truk sedang, bus sedang, dan truk gandeng. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Bandung lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bandung. Gambar 4.25 merupakan gambar model konseptual Jl. Bandung pada siang hari pukul 11.50-12.50 WIB.

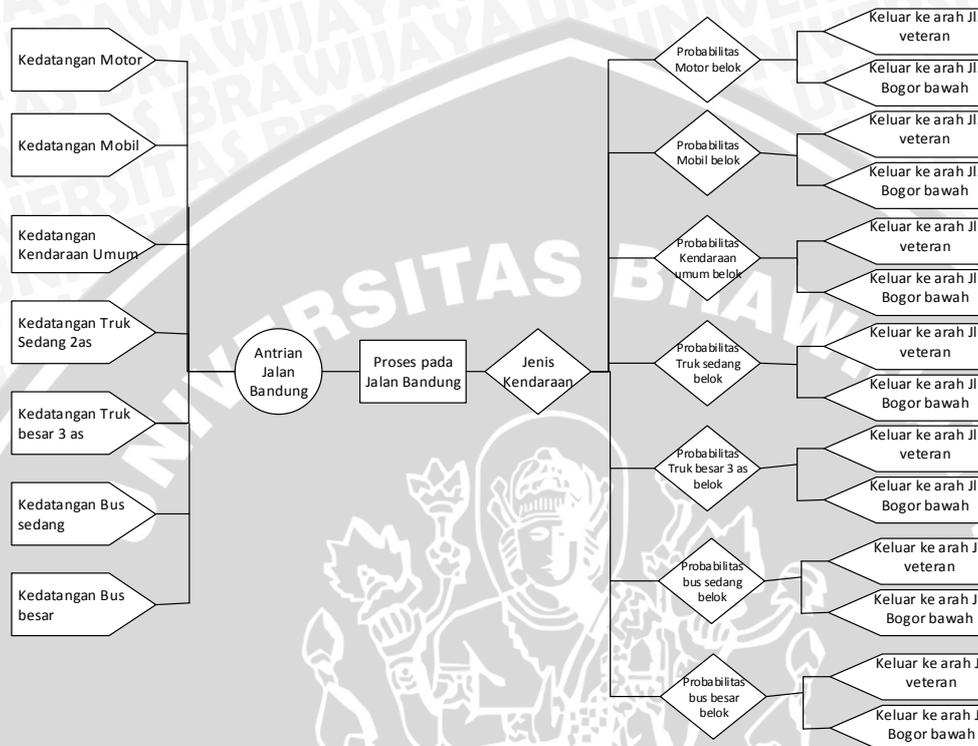


Gambar 4. 25 Model konseptual Jl. Bandung kondisi siang hari

c. Model konseptual Jl. Bandung pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB.

Pada sistem nyata, jenis kendaraan yang melalui ruas Jl. Bandung pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB adalah motor, mobil, Angkutan umum, truk sedang, truk

besar 3 as, bus sedang, dan bus besar. Kemudian kendaraan yang datang akan diproses pada Jl. Bandung lalu setelah diproses kendaraan akan keluar dari proses Jl. Bandung. Gambar 4.26 merupakan gambar model konseptual Jl. Bandung pada sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB.

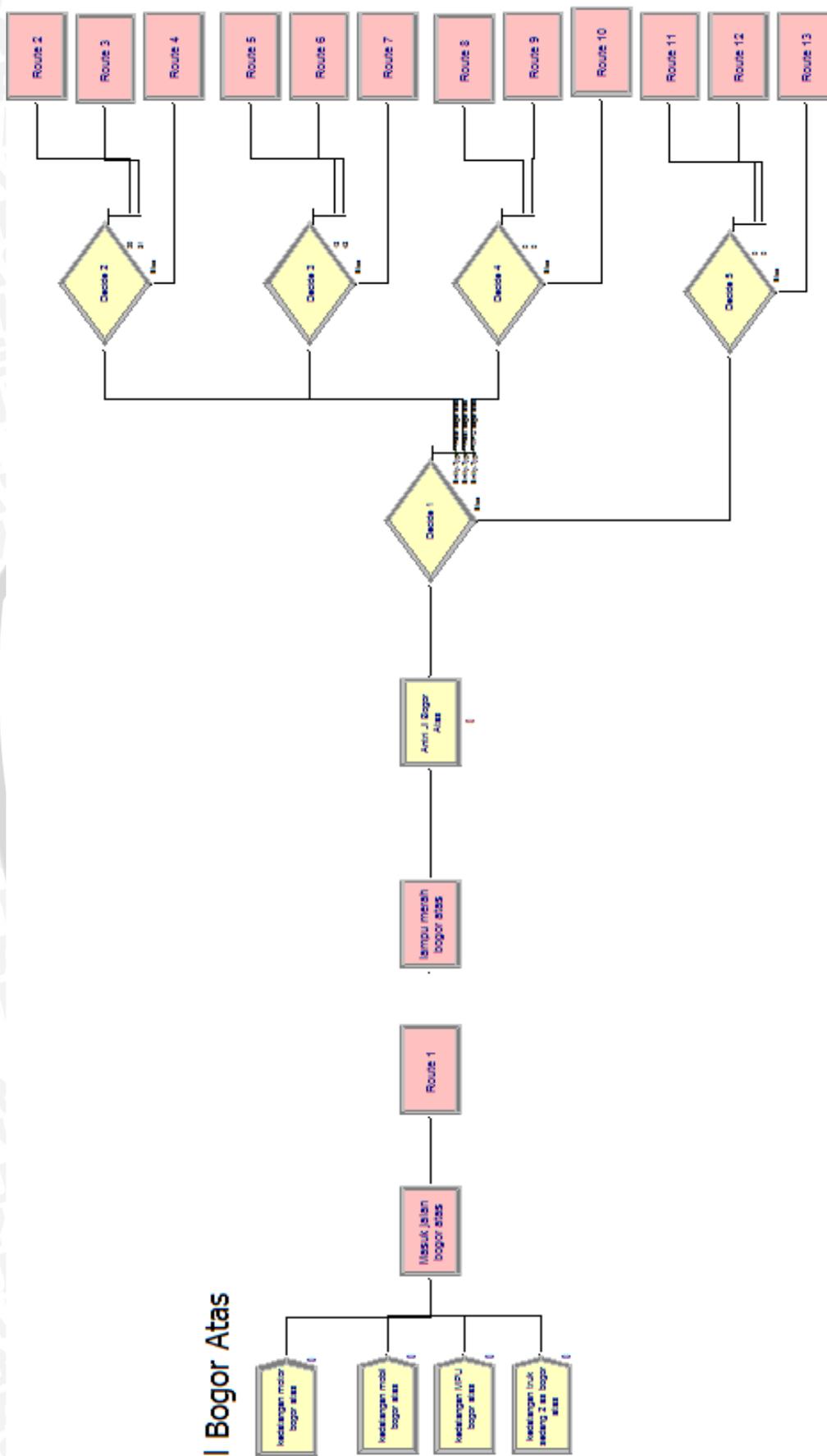


Gambar 4. 26 Model konseptual Jl. Bandung kondisi sore hari

4.5 Pembuatan Model

Model simulasi dibuat dengan menggunakan ARENA 5.0 yang merupakan salah satu *software* simulasi. Pembuatan model simulasi berdasarkan model konseptual yang sudah dibuat sebelumnya. Pada Gambar 4.27 merupakan contoh pembuatan model simulasi pada ruas Jl Bogor Atas di pagi hari Pukul 06.10-07.10. Untuk gambar keseluruhan model simulasi di setiap ruas jalan pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB, siang hari pukul 11.50-12.50 WIB, dan malam hari pukul 16.10-17.10 WIB dapat dilihat pada Lampiran 6 sampai 8. Berikut ini merupakan modul-modul yang ada di software ARENA untuk membuat model simulasi persimpangan Bogor Veteran.

Jl Bogor Atas



Gambar 4. 27 Model Persimpangan Bogor Veteran kondisi pagi hari ruas jalan Bogor Atas



1. Pembuatan Modul *Create*

Pendefinisian model *Create* pada software ARENA adalah dengan mengisi kotak dialog muncul seperti gambar 4.28. Pembuatan modul create model persimpangan Bogor Veteran pagi hari, siang hari, dan sore hari dilakukan dengan mengisi kolom nama, *Entity Type*, *Type*, *Value*, *Units*, *Entities per arrival*, *Max Arrival*, dan *First Creation*. Tabel 4.11 sampai Tabel 4.13 merupakan cara melengkapi modul *create* dari model persimpangan Bogor Veteran pada kondisi pagi hari pukul 06.10 – 07.10 WIB, siang hari pukul 11.50 – 12.50 WIB, dan sore hari pukul 16.10 – 17.10 WIB.

Gambar 4. 28 Modul *Create*

a. Pengisian Modul *Create* Kondisi Pagi Hari

Tabel 4.11 Tabel Pengisian Modul *Create* Kondisi Pagi Hari

No.	Name	Entity Type	Type	Values	Units	Entities per arrival	Max Arrivals	First Creation
1.	kedatangan motor bogor atas	Motor	Expression	$2.22 + \text{EXPO}(0.815)$	Seconds	1	Infinite	0.0
2.	kedatangan mobil bogor atas	Mobil	Expression	$7 + \text{LOGN}(3.72, 6.65)$	Seconds	1	Infinite	0.0
3.	kedatangan MPU bogor atas	MPU	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$	Seconds	1	Infinite	0.0
4.	kedatangan truk sedang 2 as bogor atas	Truk sedang	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(0.121, 0.17)$	Seconds	1	Infinite	0.0
5.	kedatangan motor bogor bawah	Motor	Expression	$1.35 + \text{LOGN}(0.489, 0.412)$	Seconds	1	Infinite	0.0
6.	kedatangan mobil bogor bawah	Mobil	Expression	$9.06 + 3.76 * \text{BETA}(0.637, 0.826)$	Seconds	1	Infinite	0.0
7.	kedatangan MPU bogor bawah	MPU	Expression	$85 + \text{WEIB}(35.3, 0.561)$	Seconds	1	Infinite	0.0
8.	kedatangan Bus sedang bogor bawah	Bus sedang	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(0.121, 0.17)$	Seconds	1	Infinite	0.0
9.	kedatangan truk sedang 2 as bogor bawah	Truk sedang	Expression	$-0.001 + \text{EXPO}(258)$	Seconds	1	Infinite	0.0
10.	kedatangan motor veteran	Motor	Expression	$1.91 + 0.7 * \text{BETA}(0.726, 0.74)$	Seconds	1	Infinite	0.0
11.	kedatangan mobil veteran	Mobil	Expression	$6 + \text{LOGN}(1.9, 1.85)$	Seconds	1	Infinite	0.0
12.	kedatangan MPU veteran	MPU	Expression	$\text{TRIA}(19, 26.2, 43)$	Seconds	1	Infinite	0.0
13.	kedatangan Bus sedang veteran	Bus sedang	Expression	$-0.001 + \text{EXPO}(133)$	Seconds	1	Infinite	0.0
14.	kedatangan truk sedang 2 as veteran	Truk sedang	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$	Seconds	1	Infinite	0.0
15.	kedatangan motor bandung	Motor	Expression	$1.2 + 1.26 * \text{BETA}(1.03, 0.888)$	Seconds	1	Infinite	0.0
16.	kedatangan mobil bandung	Mobil	Expression	$\text{UNIF}(3, 10)$	Seconds	1	Infinite	0.0
17.	kedatangan MPU bandung	MPU	Expression	$23 + 32 * \text{BETA}(0.374, 0.538)$	Seconds	1	Infinite	0.0
18.	kedatangan truk sedang 2 as bandung	Truk sedang	Expression	$-0.001 + 600 * \text{BETA}(0.112, 0.112)$	Seconds	1	Infinite	0.0
19.	kedatangan truk gandeng atau kontainer	Truk gandeng atau kontainer	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$	Seconds	1	Infinite	0.0

Berdasarkan tabel 4.11 dapat diketahui cara pengisian untuk modul create pada kondisi pagi hari. Misalkan pengisian modul create dengan nama kedatangan motor bogor atas akan dilakukan pengisian *Entity Type* yaitu motor, *Type* yaitu *Expression*, *Values* yaitu $2.22 + \text{EXPO}(0.815)$, *Units* yaitu *Seconds*, *Entities per arrival* yaitu 1, *Max Arrivals* yaitu *Infinite*, dan *First Creation* yaitu 0.0.

b. Pengisian Modul Create Kondisi Siang Hari

Tabel 4.12 Tabel Pengisian Modul *Create* Kondisi Siang Hari

No.	Name	Entity Type	Type	Values	Units	Entities per arrival	Max Arrivals	First Creation
1.	kedatangan motor bogor atas	Motor	<i>Expression</i>	$3.09 + \text{LOGN}(0.76, 0.87)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
2.	kedatangan mobil bogor atas	Mobil	<i>Expression</i>	$8 + \text{LOGN}(3.45, 3.89)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
3.	kedatangan MPU bogor atas	MPU	<i>Expression</i>	$-0.001 + \text{WEIB}(0.103, 0.176)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
4.	kedatangan truk sedang 2 as bogor atas	Truk sedang	<i>Expression</i>	$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
5.	kedatangan motor bogor bawah	Motor	<i>Expression</i>	$\text{UNIF}(1.7, 2.14)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
6.	kedatangan mobil bogor bawah	Mobil	<i>Expression</i>	$6.21 + 1.79 * \text{BETA}(0.528, 0.602)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
7.	kedatangan MPU bogor bawah	MPU	<i>Expression</i>	$-0.001 + \text{WEIB}(13.6, 0.186)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
8.	kedatangan truk sedang 2 as bogor bawah	Truk sedang	<i>Expression</i>	$\text{UNIF}(-0.001, 300)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
9.	kedatangan motor veteran	Motor	<i>Expression</i>	$1.83 + 0.34 * \text{BETA}(0.421, 0.474)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
10.	kedatangan mobil veteran	Mobil	<i>Expression</i>	$5 + 2 * \text{BETA}(0.801, 0.663)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
11.	kedatangan MPU veteran	MPU	<i>Expression</i>	$19 + \text{EXPO}(9.86)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
12.	kedatangan truk sedang 2 as veteran	Truk sedang	<i>Expression</i>	$-0.001 + \text{WEIB}(1.91, 0.163)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
13.	kedatangan kontainer veteran			$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$				
14.	kedatangan motor bandung	Motor	<i>Expression</i>	$2.25 + \text{LOGN}(0.439, 0.379)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
15.	kedatangan mobil bandung	Mobil	<i>Expression</i>	$5 + \text{GAMM}(1.66, 1.55)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
16.	kedatangan MPU bandung	MPU	<i>Expression</i>	$30 + \text{WEIB}(9.44, 0.535)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
17.	kedatangan truk sedang 2 as bandung	Truk sedang	<i>Expression</i>	$-0.001 + \text{WEIB}(0.103, 0.176)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
18.	kedatangan truk gandeng atau kontainer	Truk gandeng atau kontainer	<i>Expression</i>	$-0.001 + \text{WEIB}(1.39, 0.17)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0
19.	kedatangan bus sedang	Bus sedang	<i>Expression</i>	$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$	<i>Seconds</i>	1	<i>Infinite</i>	0.0

Berdasarkan tabel 4.12 dapat diketahui cara pengisian untuk modul create pada kondisi siang hari. Misalkan pengisian modul create dengan nama kedatangan motor bogor atas akan dilakukan pengisian *Entity Type* yaitu motor, *Type* yaitu *Expression*, *Values* yaitu $3.09 + \text{LOGN}(0.76, 0.87)$, *Units* yaitu *Seconds*, *Entities per arrival* yaitu 1, *Max Arrivals* yaitu *Infinite*, dan *First Creation* yaitu 0.0.

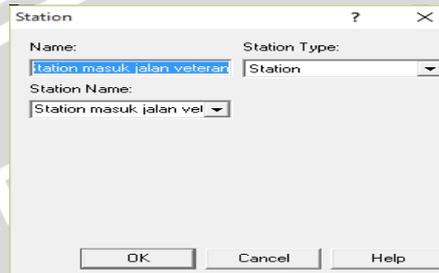
c. Pengisian Modul *Create* Kondisi Sore hariTabel 4.13 Tabel Pengisian Modul *Create* Kondisi Sore hari

No.	Name	Entity Type	Type	Values	Units	Entities per arrival	Max Arrivals	First Creation
1.	kedatangan motor bogor atas	Motor	Expression	$4.3 + 2.07 * \text{BETA}(0.495, 0.856)$	Seconds	1	Infinite	0.0
2.	kedatangan mobil bogor atas	Mobil	Expression	NORM(17.3, 2.57)	Seconds	1	Infinite	0.0
3.	kedatangan MPU bogor atas	MPU	Expression	$-0.001 + \text{EXPO}(250)$	Seconds	1	Infinite	0.0
4.	kedatangan truk sedang 2 as bogor atas	Truk sedang	Expression	$-0.001 + 600 * \text{BETA}(0.114, 0.113)$	Seconds	1	Infinite	0.0
5.	kedatangan motor bogor bawah	Motor	Expression	$1.79 + \text{LOGN}(0.272, 0.224)$	Seconds	1	Infinite	0.0
6.	kedatangan mobil bogor bawah	Mobil	Expression	UNIF(6.17, 9.51)	Seconds	1	Infinite	0.0
7.	kedatangan MPU bogor bawah	MPU	Expression	$120 + \text{EXPO}(56.7)$	Seconds	1	Infinite	0.0
8.	kedatangan truk sedang 2 as bogor bawah	Truk sedang	Expression	UNIF(-0.001, 600)	Seconds	1	Infinite	0.0
9.	kedatangan motor veteran	Motor	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$	Seconds	1	Infinite	0.0
10.	kedatangan mobil veteran	Mobil	Expression	$1.07 + 0.46 * \text{BETA}(0.528, 0.666)$	Seconds	1	Infinite	0.0
11.	kedatangan MPU veteran	MPU	Expression	$4 + 1.82 * \text{BETA}(0.774, 1.15)$	Seconds	1	Infinite	0.0
12.	kedatangan bus sedang veteran	Bus sedang	Expression	$23 + 13 * \text{BETA}(0.48, 0.551)$	Seconds	1	Infinite	0.0
13.	kedatangan bus besar veteran	Bus besar		$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$				
14.	kedatangan motor bandung	Motor	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(2.33, 0.159)$	Seconds	1	Infinite	0.0
15.	kedatangan mobil bandung	Mobil	Expression	UNIF(-0.001, 600)	Seconds	1	Infinite	0.0
16.	kedatangan MPU bandung	MPU	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(2.33, 0.159)$	Seconds	1	Infinite	0.0
17.	kedatangan truk sedang 2 as bandung	Truk sedang	Expression	$2.76 + \text{LOGN}(0.643, 0.513)$	Seconds	1	Infinite	0.0
18.	kedatangan truk besar 3 as bandung	Truk besar 3 as	Expression	$6 + 5 * \text{BETA}(0.963, 0.712)$	Seconds	1	Infinite	0.0
19.	kedatangan bus sedang bandung	Bus sedang	Expression	UNIF(28, 67)	Seconds	1	Infinite	0.0
20.	kedatangan truk besar 3 as bawah	Truk besar 3 as	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(2.33, 0.159)$	Seconds	1	Infinite	0.0
21.	kedatangan truk sedang veteran	Truk sedang	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$	Seconds	1	Infinite	0.0
22.	kedatangan truk besar 3 as	Truk besar 3 as	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$	Seconds	1	Infinite	0.0
23.	kedatangan bus besar bandung	Bus besar	Expression	$-0.001 + \text{WEIB}(0.157, 0.162)$	Seconds	1	Infinite	0.0

Berdasarkan tabel 4.13 dapat diketahui cara pengisian untuk modul create pada kondisi sore hari. Misalkan pengisian modul create dengan nama kedatangan motor bogor atas akan dilakukan pengisian Entity Type yaitu motor, Type yaitu Expression, Values yaitu $4.3 + 2.07 * \text{BETA}(0.495, 0.856)$, Units yaitu Seconds, Entities per arrival yaitu 1, Max Arrivals yaitu Infinite, dan First Creation yaitu 0.0.

2. Pembuatan Modul *Station*

Pendefinisian modul *Station* pada software ARENA adalah dengan mengisi kotak dialog yang muncul seperti gambar 4.29. Pembuatan modul station model persimpangan Bogor Veteran dilakukan dengan mengisi kolom nama, *Station Type*, dan *Station Name*. Tabel 4.14 merupakan cara melengkapi modul station dari model persimpangan Bogor Veteran.



Gambar 4.29 Modul *Station*

Tabel 4.14 Tabel Pengisian Modul *Station*

No	Name	Station Type	Station Name
1	Masuk jalan bogor atas	Station	Masuk jalan bogor atas
2	lampu merah bogor atas	Station	lampu merah bogor atas
3	Masuk jalan bogor bawah	Station	Masuk jalan bogor bawah
4	lampu merah bogor bawah	Station	lampu merah bogor bawah
5	Masuk jalan veteran	Station	Masuk jalan veteran
6	Station 6	Station	Station 6
7	Masuk jalan bandung	Station	Masuk jalan bandung
8	lampu merah bandung	Station	lampu merah bandung
9	veteran kiri	Station	veteran kiri
10	bandung kiri	Station	bandung kiri
11	bogor bawah kiri	Station	bogor bawah kiri
12	bogor atas kiri	Station	bogor atas kiri

3. Pembuatan Modul *Route*

Pendefinisian modul *route* pada software ARENA adalah dengan mengisi kotak dialog yang muncul seperti gambar 4.30. Pembuatan modul route model persimpangan Bogor Veteran dilakukan dengan mengisi kolom nama, *Route time*, *Units*, *Destination type*, *Station*

name. Tabel 4.15 merupakan cara melengkapi modul *route* dari model persimpangan Bogor Veteran.

Gambar 4.30 Modul *Route*

Tabel 4.15 Tabel Pengisian Modul *Route*

No	Name	Route time	Units	Destination type	Station name
1	Masuk bogor atas	15	Seconds	Station	lampu merah bogor atas
2	masuk Veteran kiri1	5	Seconds	Station	Veteran kiri
3	masuk bandung kiri2	5	Seconds	Station	bandung kiri
4	masuk bogor bawah kiri3	5	Seconds	Station	bogor bawah kiri
5	masuk Veteran kiri 4	5	Seconds	Station	Veteran kiri
6	masuk bandung kiri 5	5	Seconds	Station	bandung kiri
7	masuk bogor bawah kiri6	5	Seconds	Station	bogor bawah kiri
8	masuk Veteran kiri 7	5	Seconds	Station	Veteran kiri
9	masuk bandung kiri 8	5	Seconds	Station	bandung kiri
10	masuk bogor bawah kiri 9	5	Seconds	Station	bogor bawah kiri
11	masuk Veteran kiri 10	5	Seconds	Station	Veteran kiri
12	masuk bandung kiri 11	5	Seconds	Station	bandung kiri
13	masuk bogor bawah kiri 12	5	Seconds	Station	bogor bawah kiri
14	masuk lampu merah bogor bawah	25	Seconds	Station	lampu merah bogor bawah
15	masuk Veteran kiri 13	5	Seconds	Station	Veteran kiri
16	masuk bogor atas kiri 14	5	Seconds	Station	bogor atas kiri
17	masuk Veteran kiri 15	5	Seconds	Station	Veteran kiri
18	masuk bogor atas kiri 16	5	Seconds	Station	bogor atas kiri
19	masuk Veteran kiri 17	5	Seconds	Station	Veteran kiri
20	masuk bogor atas kiri 18	5	Seconds	Station	bogor atas kiri
21	masuk Veteran kiri 19	5	Seconds	Station	Veteran kiri
22	masuk bogor atas kiri 20	5	Seconds	Station	bogor atas kiri
23	masuk Veteran kiri 21	5	Seconds	Station	Veteran kiri
24	masuk bogor atas kiri 22	5	Seconds	Station	bogor atas kiri
25	masuk lampu merah veteran	15	Seconds	Station	lampu merah veteran
26	masuk bandung kiri23	5	Seconds	Station	bandung kiri
27	masuk bogor atas kiri 24	5	Seconds	Station	bogor atas kiri
28	masuk lampu merah bandung	25	Seconds	Station	lampu merah bandung
29	masuk Veteran kiri 25	5	Seconds	Station	Veteran kiri
30	masuk bogor bawah kiri 26	5	Seconds	Station	bogor bawah kiri
31	masuk Veteran kiri 27	5	Seconds	Station	Veteran kiri
32	masuk bogor bawah kiri 28	5	Seconds	Station	bogor bawah kiri
33	masuk Veteran kiri 29	5	Seconds	Station	Veteran kiri
34	masuk bogor bawah kiri 30	5	Seconds	Station	bogor bawah kiri
35	masuk Veteran kiri 31	5	Seconds	Station	Veteran kiri
36	masuk bogor bawah kiri 32	5	Seconds	Station	bogor bawah kiri
37	masuk Veteran kiri 33	5	Seconds	Station	Veteran kiri
38	masuk bogor bawah kiri 34	5	Seconds	Station	bogor bawah kiri

4. Pembuatan Modul *Process*

Pendefinisian modul *Process* pada *software* ARENA adalah dengan mengisi kotak dialog yang muncul seperti gambar 4.31. Pembuatan modul *Process* model persimpangan Bogor Veteran dilakukan dengan mengisi kolom nama, *Type*, *Action*, *Priority*, *Resource*, *Delay Type*, *Units*, *Allocation*, dan *Value*. Tabel 4.16 merupakan cara melengkapi modul *Process* dari model persimpangan Bogor Veteran.

Gambar 4. 31 Modul *Process*

Tabel 4.16 Tabel Pengisian Modul *Process*

No	Name	Type	Action	Priority	Resource	Delay Type	Units	Allocation	Value
1	Antri Jl Bogor Atas	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	Jl Bogor Atas	Constant	Seconds	Other	1
2	Antri bogor bawah	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	bogor bawah	Constant	Seconds	Other	1
3	Antri veteran	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	veteran	Constant	Seconds	Other	1
4	Antri bandung	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	bandung	Constant	Seconds	Other	1

5. Pembuatan Modul *Decide*

Pendefinisian modul *Decide* pada *software* ARENA adalah dengan mengisi kotak dialog yang muncul seperti gambar 4.32. Pembuatan modul *Decide* model persimpangan Bogor Veteran pagi hari, siang hari, dan sore hari dilakukan dengan mengisi kolom nama, *Type*, dan *Percent True*. Tabel 4.17 sampai Tabel 4.19 merupakan cara melengkapi modul *Decide* dari model persimpangan Bogor Veteran.

Gambar 4.32 Modul *decide*

a. Pengisian Modul Decide Kondisi Pagi Hari

Tabel 4.17 Tabel Pengisian Modul *Decide* Kondisi Pagi Hari

No	Name	Type	Percent True (%)
1	<i>Decide 1</i>	N-way by Condition	
2	<i>Decide 2</i>	N-way by Chance	50
3	<i>Decide 3</i>	N-way by Chance	31
4	<i>Decide 4</i>	N-way by Chance	50
5	<i>Decide 5</i>	N-way by Chance	50
6	<i>Decide 6</i>	N-way by Condition	
7	<i>Decide 7</i>	2-way by Chance	62
8	<i>Decide 8</i>	2-way by Chance	57
9	<i>Decide 9</i>	2-way by Chance	87
10	<i>Decide 10</i>	2-way by Chance	100
11	<i>Decide 11</i>	2-way by Chance	44
12	<i>Decide 12</i>	N-way by Condition	
13	<i>Decide 13</i>	2-way by Chance	88
14	<i>Decide 14</i>	2-way by Chance	79
15	<i>Decide 15</i>	2-way by Chance	52
16	<i>Decide 16</i>	2-way by Chance	75
17	<i>Decide 17</i>	2-way by Chance	0
18	<i>Decide 18</i>	N-way by Condition	
19	<i>Decide 19</i>	2-way by Chance	90
20	<i>Decide 20</i>	2-way by Chance	82
21	<i>Decide 21</i>	2-way by Chance	100
22	<i>Decide 22</i>	2-way by Chance	100
23	<i>Decide 23</i>	2-way by Chance	100

Berdasarkan Tabel 4.17 dapat diketahui cara untuk pengisian modul *decide* kondisi pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB. Misalkan untuk nama *Decide 1* menggunakan *type N-way by Condition*

b. Pengisian Modul Decide Kondisi Siang Hari

Tabel 4.18 Tabel Pengisian Modul *Decide* Kondisi Siang Hari

No	Name	Type	Percent True (%)
1	<i>Decide 1</i>	N-way by Condition	
2	<i>Decide 2</i>	N-way by Chance	50
3	<i>Decide 3</i>	N-way by Chance	31
4	<i>Decide 4</i>	N-way by Chance	50
5	<i>Decide 5</i>	N-way by Chance	50
6	<i>Decide 6</i>	N-way by Condition	
7	<i>Decide 7</i>	2-way by Chance	62
8	<i>Decide 8</i>	2-way by Chance	55
9	<i>Decide 9</i>	2-way by Chance	63
10	<i>Decide 11</i>	2-way by Chance	50
11	<i>Decide 12</i>	N-way by Condition	
12	<i>Decide 13</i>	2-way by Chance	82
13	<i>Decide 14</i>	2-way by Chance	82
14	<i>Decide 15</i>	2-way by Chance	58
15	<i>Decide 16</i>	2-way by Chance	100
16	<i>Decide 17</i>	2-way by Chance	100
17	<i>Decide 18</i>	N-way by Condition	
18	<i>Decide 19</i>	2-way by Chance	89
19	<i>Decide 20</i>	2-way by Chance	86
20	<i>Decide 21</i>	2-way by Chance	100
21	<i>Decide 22</i>	2-way by Chance	100
22	<i>Decide 23</i>	2-way by Chance	100
23	<i>Decide 24</i>	2-way by Chance	100

Berdasarkan Tabel 4.18 dapat diketahui cara untuk pengisian modul *decide* kondisi siang hari pukul 11.50-12.50 WIB. Misalkan untuk nama *Decide 1* menggunakan *type N-way by Condition*.

c. Pengisian Modul Decide Kondisi Sore Hari

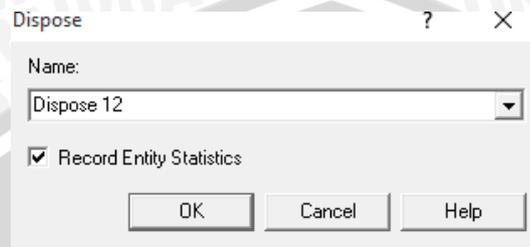
Tabel 4.19 Tabel Pengisian Modul *Decide* Kondisi Sore Hari

No	Name	Type	Percent True (%)
1	<i>Decide 1</i>	N-way by Condition	
2	<i>Decide 2</i>	N-way by Chance	50
3	<i>Decide 3</i>	N-way by Chance	31
4	<i>Decide 4</i>	N-way by Chance	50
5	<i>Decide 5</i>	N-way by Chance	50
6	<i>Decide 6</i>	N-way by Condition	
7	<i>Decide 7</i>	2-way by Chance	49
8	<i>Decide 8</i>	2-way by Chance	51
9	<i>Decide 9</i>	2-way by Chance	91
10	<i>Decide 11</i>	2-way by Chance	57
11	<i>Decide 12</i>	N-way by Condition	
12	<i>Decide 13</i>	2-way by Chance	87
13	<i>Decide 14</i>	2-way by Chance	81
14	<i>Decide 15</i>	2-way by Chance	53
15	<i>Decide 16</i>	2-way by Chance	100
16	<i>Decide 17</i>	2-way by Chance	100
17	<i>Decide 18</i>	N-way by Condition	
18	<i>Decide 19</i>	2-way by Chance	93
19	<i>Decide 20</i>	2-way by Chance	95
20	<i>Decide 21</i>	2-way by Chance	100
21	<i>Decide 22</i>	2-way by Chance	100
22	<i>Decide 23</i>	2-way by Chance	100
23	<i>Decide 24</i>	2-way by Chance	100
24	<i>Decide 25</i>	2-way by Chance	0
25	<i>Decide 26</i>	2-way by Chance	100
26	<i>Decide 27</i>	2-way by Chance	100
27	<i>Decide 30</i>	2-way by Chance	100

Berdasarkan Tabel 4.19 dapat diketahui cara untuk pengisian modul *decide* kondisi sore hari pukul 16.10-17.10 WIB. Misalkan untuk nama *Decide 1* menggunakan *type N-way by Condition*.

6. Pembuatan Modul *Dispose*

Pendefinisian modul *Dispose* pada software ARENA adalah dengan mengisi kotak dialog yang muncul seperti gambar 4.33. Pembuatan modul *Dispose* model persimpangan Bogor Veteran dilakukan dengan mengisi kolom nama. Tabel 4.20 merupakan cara melengkapi modul *Dispose* dari model persimpangan Bogor Veteran.



Gambar 4.33 Modul *Dispose*

Tabel 4.20 Tabel pengisian modul *Dispose*

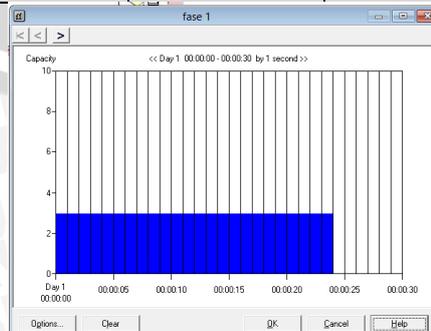
No	Name
1	Keluar Jalan Veteran
2	Keluar Jalan Bogor Atas
3	Keluar Jalan Bogor Bawah
4	Keluar Jalan Bandung

7. Pembuatan *schedule*

Untuk mendefinisikan *schedule* yang akan digunakan yaitu waktu hijau untuk masing-masing ruas dengan cara mengisikan data sesuai *schedule* yang sudah ditentukan. Gambar 4.34 merupakan tampilan dari *schedule* dan pengisian *schedule* dapat dilihat pada tabel 4.21

Tabel 4.21 Tabel Pengisian *Schedule*

No	Name	Type	Time Unit	Duration
1	fase 1	Capacity	Seconds	80 rows
2	fase 2	Capacity	Seconds	114 rows
3	fase 3	Capacity	Seconds	82 rows



Gambar 4.34 *Schedule*

8. Pembuatan schedule untuk resource

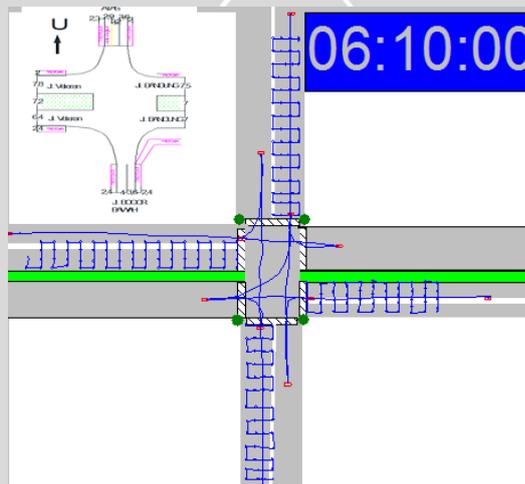
Untuk menentukan *schedule* masing-masing *resource*, dengan cara mengisikan data sesuai dengan *schedule* dan *resource* yang telah ditentukan. Pada Gambar 4.35 merupakan cara pengisian schedule pada resource di dalam software ARENA.

	Name	Type	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	State Set Name	Failures	Report Statistics
1	Jl bogor atas	Based on Schedule	fase 1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
2	jalan bogor bawah	Based on Schedule	fase 3	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
3	veteran	Based on Schedule	fase 2	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
4	bandung	Based on Schedule	fase 2	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓

Gambar 4.35 Menentukan *schedule* pada resource

9. Menampilkan model simulasi dalam 2 dimensi

Untuk menampilkan model simulasi dalam 2 dimensi, dapat menggunakan *smart grid* pada ARENA 5.0 sehingga akan menghasilkan gambar 2 dimensi model persimpangan Jalan Bogor Veteran, Malang. Pada gambar 4.36 merupakan tampilan 2 dimensi persimpangan Bogor Veteran dengan menggunakan software ARENA



Gambar 4.36 Simulasi 2 dimensi model persimpangan Bogor Veteran, Malang

4.6 Verifikasi

Setelah pembuatan modul maka dilakukan verifikasi data, yaitu langkah untuk mengetahui apakah model simulasi komputer yang telah dibangun dapat berjalan sesuai dengan spesifikasi model yang diinginkan. Verifikasi data dilakukan dengan teknik animasi, yaitu dengan cara melihat animasi pada model simulasi yang telah dibuat. Berdasarkan animasi tersebut, simulasi telah berjalan sesuai dengan kondisi nyata dan sesuai dengan asumsi yang dibuat. Berikut ini merupakan langkah verifikasi:

1. Mencocokkan satuan dari proses apakah sudah sesuai dengan sistem nyata

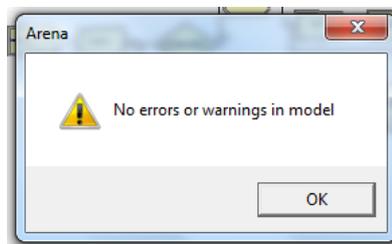
	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Value	Report Statistics
1	Antri Jl Bogor Atas	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Other	1	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Antri Jl bogor bawah	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Other	1	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Antri Jl veteran	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Other	1	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Antri Jl bandung	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Seconds	Other	1	<input checked="" type="checkbox"/>

Gambar 4.37 Verifikasi satuan unit

Berdasarkan gambar 4.37 menunjukkan bahwa satuan dari model simulasi adalah *second* (detik). Hal ini menandakan bahwa satuan dari proses dalam model simulasi sudah sesuai dengan sistem nyata.

2. Mengecek ada atau tidaknya *error* pada sistem permodelan tersebut.

Mengecek ada atau tidaknya *error* pada sistem permodelan tersebut dilakukan dengan cara menekan F4 ketika jendela arena masih aktif sehingga akan muncul apakah model simulasi mempunyai error atau tidak.

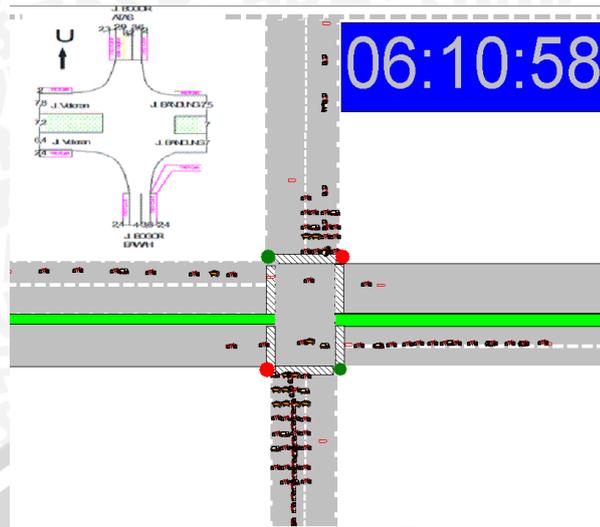


Gambar 4.38 Verifikasi *error*

Berdasarkan Gambar 4.38 menunjukkan bahwa pada model simulasi yang dibuat dengan ARENA terdapat tulisan no errors or warnings in model. Hal ini mendandakan bahwa model yang dibuat tidak memiliki error.

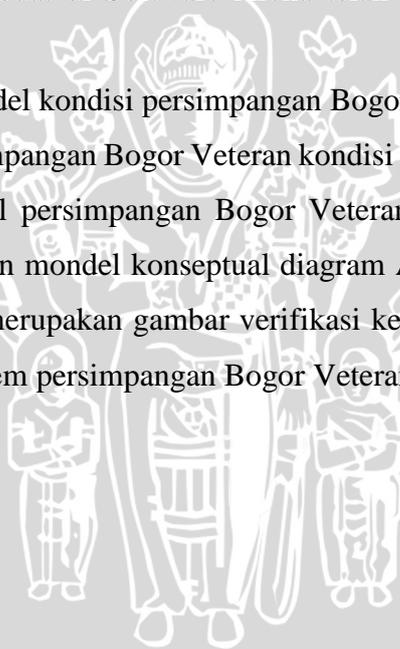
3. Menjalankan Program Simulasi lalu lintas persimpangan Jalan

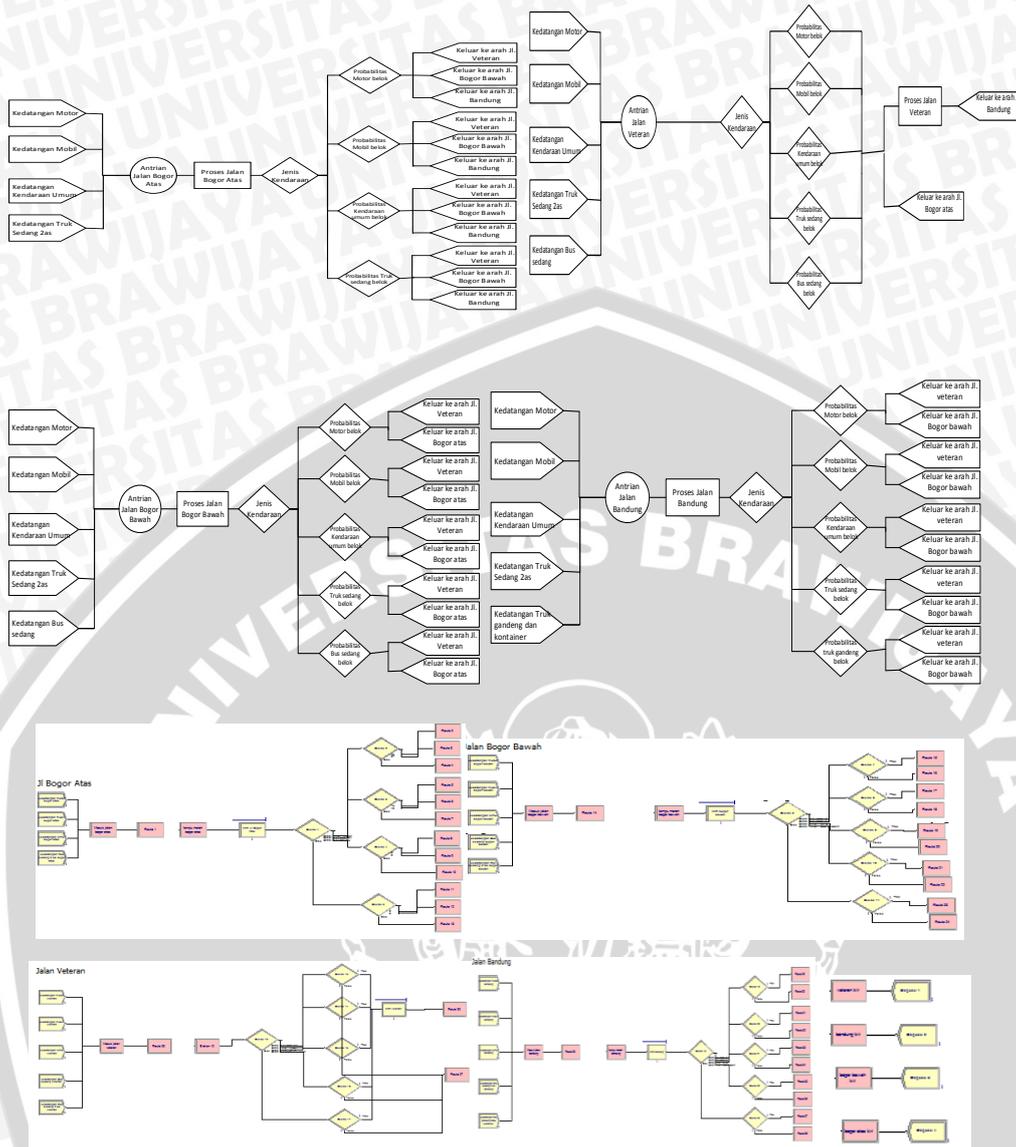
Menjalankan program simulasi dilakukan dengan cara menekan tombol play pada software ARENA. Pada gambar 4.39 merupakan gambar animasi model simulasi persimpangan Bogor Veteran dengan menggunakan software ARENA



Gambar 4.39 Animasi model simulasi ARENA

4. Mencocokkan model yang dibuat di Software Arena telah sesuai dengan ACD yang dibuat sebelumnya.
 - a. Verifikasi ACD dan Model kondisi persimpangan Bogor Veteran kondisi pagi hari
Verifikasi kondisi persimpangan Bogor Veteran kondisi pagi hari dilakukan dengan cara mencocokkan Model persimpangan Bogor Veteran yang sudah dibuat pada software ARENA dengan model konseptual diagram ACD persimpangan Bogor Veteran. Gambar 4.40 merupakan gambar verifikasi kecocokan model yang telah dibuat dengan ACD sistem persimpangan Bogor Veteran kondisi pagi hari.

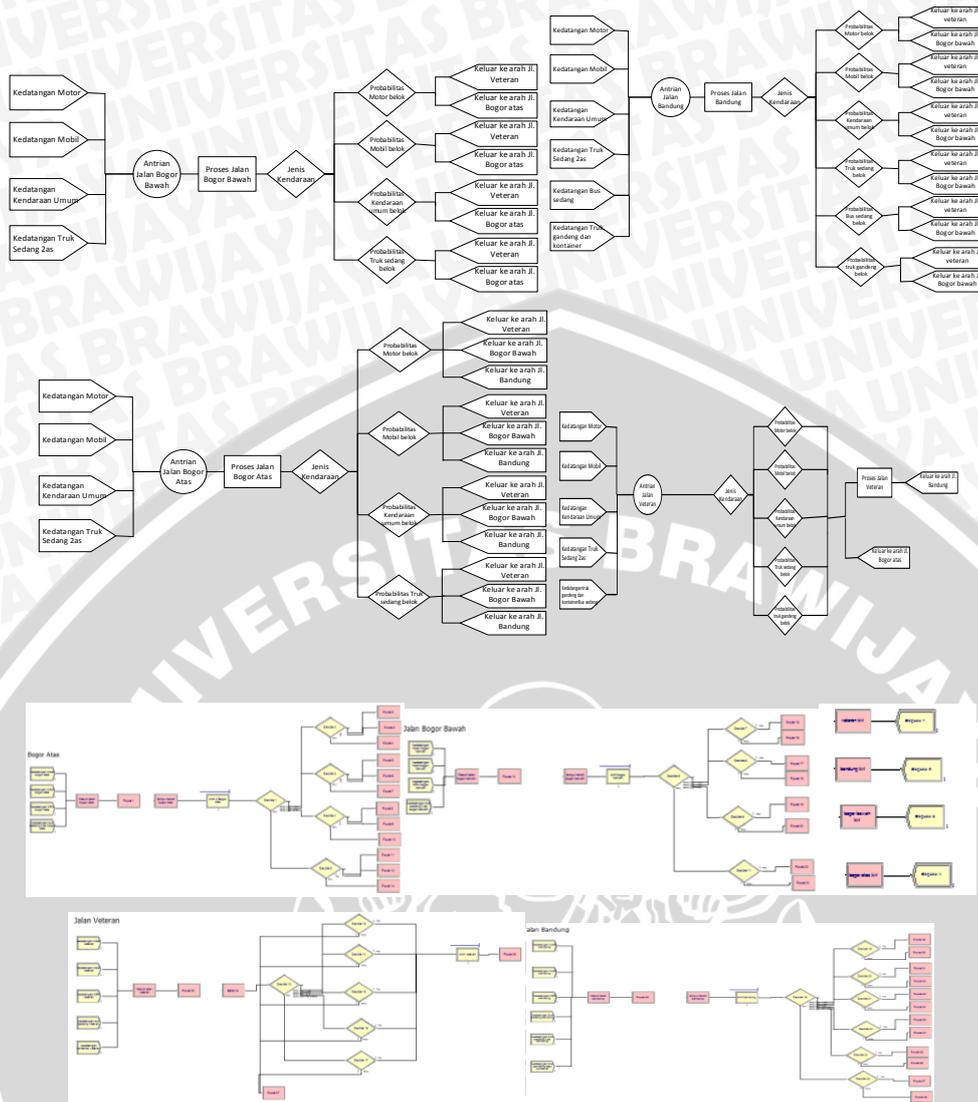




Gambar 4.40 Perbandingan ACD dan Model ARENA persimpangan Bogor Veteran kondisi pagi hari

Berdasarkan Gambar 4.40 dapat dilihat bahwa model ARENA sistem persimpangan Bogor Veteran sudah sesuai dengan model konseptual diagram ACD persimpangan Bogor Veteran. Hal ini menandakan bahwa model ARENA persimpangan Bogor Veteran sudah terverifikasi.

- b. Verifikasi ACD dan Model kondisi persimpangan Bogor Veteran kondisi siang hari
- Verifikasi kondisi persimpangan Bogor Veteran kondisi siang hari dilakukan dengan cara mencocokkan Model persimpangan Bogor Veteran yang sudah dibuat pada software ARENA dengan model konseptual diagram ACD persimpangan Bogor Veteran. Gambar 4.41 merupakan gambar verifikasi kecocokan model yang telah dibuat dengan ACD sistem persimpangan Bogor Veteran kondisi siang hari.

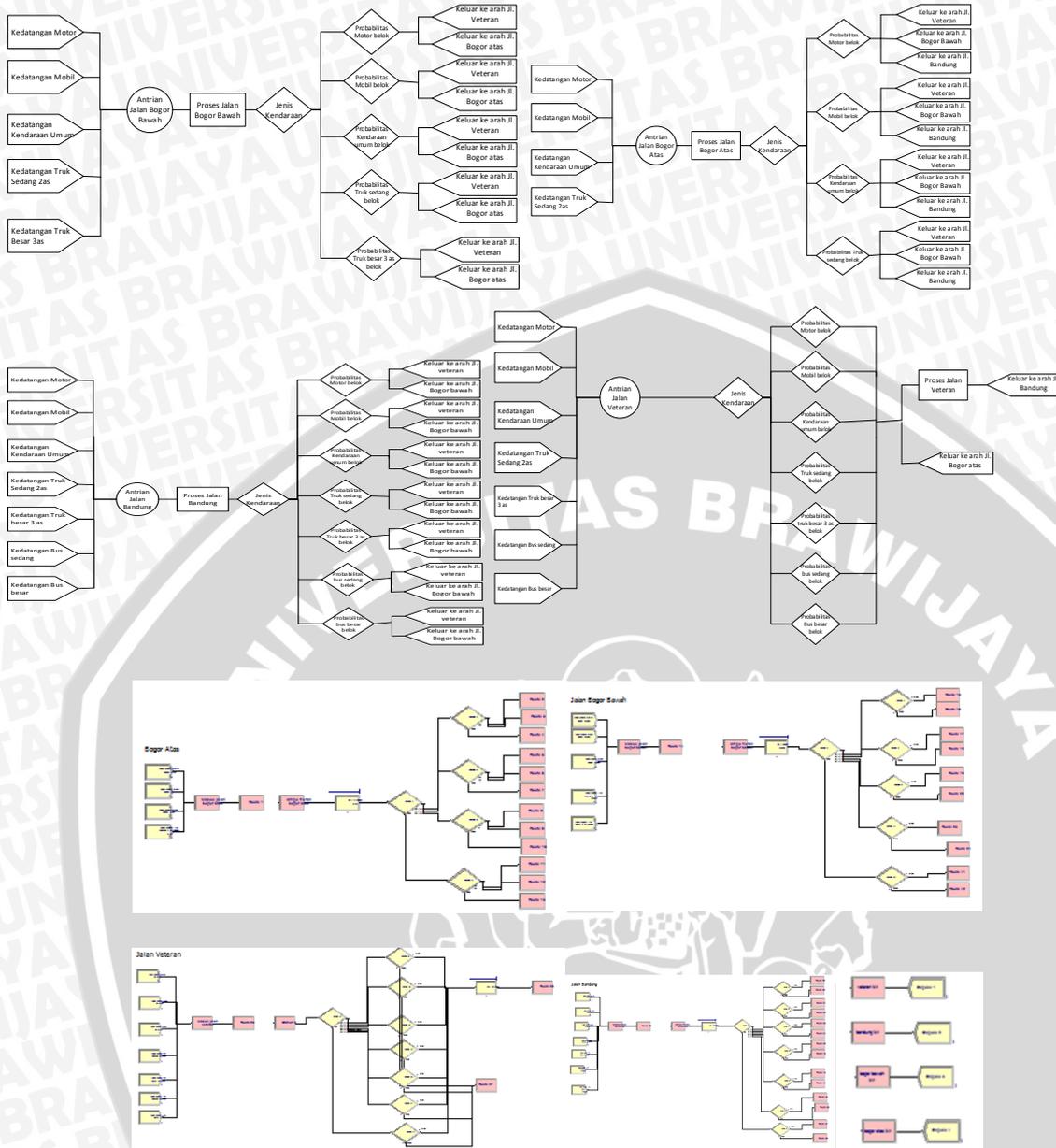


Gambar 4. 41 Perbandingan ACD dan Model ARENA persimpangan Bogor Veteran kondisi siang hari

Berdasarkan Gambar 4.41 dapat dilihat bahwa model ARENA sistem persimpangan Bogor Veteran sudah sesuai dengan model konseptual diagram ACD persimpangan Bogor Veteran. Hal ini menandakan bahwa model ARENA persimpangan Bogor Veteran sudah terverifikasi.

- c. Verifikasi ACD dan Model kondisi persimpangan Bogor Veteran kondisi sore hari
 Verifikasi kondisi persimpangan Bogor Veteran kondisi sore hari dilakukan dengan cara mencocokkan Model persimpangan Bogor Veteran yang sudah dibuat pada software ARENA dengan model konseptual diagram ACD persimpangan Bogor Veteran. Gambar 4.42 merupakan gambar verifikasi kecocokan model yang telah dibuat dengan ACD sistem persimpangan Bogor Veteran kondisi sore hari.





Gambar 4. 42 Perbandingan ACD dan Model ARENA persimpangan Bogor Veteran kondisi sore hari

Berdasarkan Gambar 4.42 dapat dilihat bahwa model ARENA sistem persimpangan Bogor Veteran sudah sesuai dengan model konseptual diagram ACD persimpangan Bogor Veteran. Hal ini menandakan bahwa model ARENA persimpangan Bogor Veteran sudah terverifikasi.

4.7 Validasi

Validasi merupakan langkah untuk mengetahui apakah model simulasi telah sesuai dengan sistem nyata. Validasi dilakukan dengan membandingkan *output* simulasi dan *output* sistem nyata yang kemudian diuji secara statistik dengan bantuan *software* SPSS. Tabel 4.22 berikut ini adalah data *output* dari sistem lalu lintas persimpangan Jalan



Tabel 4.22 *Output Simulasi dan Aktual*

Output Kendaraan	Aktual	Simulasi
Pagi	8965	8867
Siang	8226	8427
Sore	8545	8560

Sebelum melakukan validasi, maka dilakukan uji kenormalan data terlebih dahulu baik data simulasi maupun aktual dengan menggunakan software SPSS. Pada gambar 4.43 merupakan hasil uji normalitas dengan menggunakan software SPSS.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
output	.222	6	.200*	.950	6	.741

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 4.43 Tes kenormalan

Hipotesis:

H_0 = data simulasi dan data aktual berdistribusi normal

H_1 = data simulasi dan data aktual tidak berdistribusi normal

$(\alpha) = 0.05$

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai $Sig \geq \alpha$

H_0 ditolak jika nilai $Sig < \alpha$

Kesimpulan: karena berdasarkan gambar 4.43 nilai $Sig = 0,200 \geq 0,05$ maka H_0 diterima, artinya data simulasi dan data aktual berdistribusi normal

Setelah dilakukan uji kenormalan pada data, karena data simulasi dan data aktual berdistribusi normal maka dilakukan uji *Independent Samples T-Tests* untuk data simulasi dan data aktual. Hasil validasi dapat dilihat pada Gambar 4.44

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	.530	.507	-.157	4	.883	39.33333	250.53498	-734.92996	656.26329
Equal variances not assumed			-.157	3.304	.884	39.33333	250.53498	-796.75889	718.09222

Gambar 4.44 Independent Samples Test

Hipotesis:

H_0 = tidak terdapat perbedaan antara data simulasi dengan data aktual pada hasil *output* kendaraan.

H_1 = terdapat perbedaan antara data simulasi dengan data aktual pada hasil *output* kendaraan.

$(\alpha) = 0.025$

Kriteria pengujian:

H_0 diterima jika nilai *Sig. (2-tailed)* $\geq \alpha$

H_0 ditolak jika nilai *Sig. (2-tailed)* $< \alpha$

Kesimpulan: berdasarkan gambar 4.44 didapatkan nilai *Sig. (2-tailed)* $0.883 \geq 0,025$, maka H_0 diterima, yang artinya tidak terdapat perbedaan antara *output* kendaraan pada simulasi dengan data *output* kendaraan pada sistem nyata (Valid).

4.8 Penentuan Jumlah Replikasi

Jumlah replikasi digunakan Untuk mengurangi variansi sehingga simulasi harus dilakukan sebanyak n kali replikasi. Untuk mendapatkan nilai n maka perlu dilakukan replikasi awal sebanyak 5 kali replikasi. Hasil dari 5 replikasi tersebut terdapat dalam Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Hasil Simulasi tiap Replikasi

Replikasi	Number Out Simulasi
1	8867
2	8810
3	8945
4	9049
5	9095
Standar Deviasi	119,6754
Rata-rata	8953,2

Langkah selanjutnya adalah menghitung *standard error* dari data menggunakan rumus di bawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Standard Error} &= \frac{t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \times \text{std.deviation}}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{2,776 \times 119,6754}{\sqrt{5}} \\ &= 148,5773232 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapat nilai *standard error* sebesar 148,5773232 atau jika dihitung presentase *error* terhadap rata-rata dari data adalah sebesar

$$= \frac{148,5773232}{8953,2}$$

$$= 0,016594885 = 1,659\%$$

Karena nilai *error* tersebut lebih kecil dari *error* yang ditentukan di awal yakni 5% maka nilai replikasi tersebut dinyatakan telah cukup.

4.9 Analisis dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan yang dilakukan adalah analisis hasil simulasi yang telah dilakukan, perancangan skenario perbaikan, analisis skenario perbaikan, dan pemilihan skenario perbaikan yang terbaik.

4.9.1 Analisis Hasil Simulasi Model *Existing*

Analisis hasil simulasi model *existing* terbagi menjadi 3 analisis model, yaitu pada pagi hari (pukul 06.10-07.10), siang hari (pukul 11.50-12.50), dan sore hari (pukul 16.10-17.10). Analisis hasil yang dilakukan adalah pada Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang. Tujuan dari melakukan analisis simulasi adalah untuk mengetahui kondisi awal dari segi *Number in*, *waiting time*, dan Derajat kejenuhan. Analisis akan dilakukan berdasarkan hasil *run* simulasi model *existing* Persmpangan Bogor Veteran yang dilakukan sebanyak 5 kali.

4.9.1.1 Analisis Hasil Simulasi Model *Existing* Pagi Hari

Berikut ini merupakan analisis hasil simulasi keadaan *existing* pagi hari di persimpangan Bogor Veteran yang dilakukan dengan software ARENA dengan 5 replikasi.

1. *Number in*

Number in merupakan jumlah entitas yang masuk ke dalam sistem. Tabel 4.24 menunjukkan *number in* simulasi dalam 5 replikasi.

Tabel 4.24 *Number in* pengamatan pagi hari

No	Ruas Jalan	Kendaraan	Replikasi					Rata - rata	Total
			1	2	3	4	5		
1	Bogor atas	Motor bogor atas	1174	1187	1194	1196	1186	1187,4	1644,4
		Mobil bogor atas	331	346	347	309	333	333,2	
		Angkutan Umum bogor atas	60	62	20	12	27	36,2	
		Truk Sedang 2 as bogor atas	179	47	97	60	55	87,6	
2	Bogor bawah	Motor bogor bawah	1960	1941	1966	1948	1962	1955,4	2436,8
		Mobil bogor bawah	339	337	335	339	333	336,6	
		Angkutan Umum bogor bawah	25	22	26	21	17	22,2	
		Bus Sedang bogor bawah	107	68	121	96	134	105,2	
		Truk Sedang 2 as bogor bawah	16	13	19	19	20	17,4	
3	Veteran	Motor veteran	1599	1598	1593	1593	1593	1595,2	2347,4
		Mobil veteran	550	466	456	459	454	477	
		Angkutan Umum veteran	122	122	123	121	121	121,8	
		Bus Sedang veteran	32	27	24	17	28	25,6	
		Truk Sedang 2 as veteran	16	93	89	287	154	127,8	
4	Bandung	Motor bandung	1897	1913	1915	1913	1935	1914,6	2665,6
		Mobil bandung	550	558	539	556	549	550,4	
		Angkutan Umum bandung	102	100	101	101	99	100,6	
		Truk Sedang 2 as bandung	13	13	17	12	13	13,6	
		Kontainer bandung	16	21	89	104	202	86,4	

Berdasarkan Tabel 4.24 dapat diketahui bahwa *number in* tertinggi di persimpangan Bogor Veteran pada pagi hari terdapat pada ruas Jl. Bandung yaitu sebesar 2665,6. Hal ini disebabkan karena pada ruas Jl. Bandung sering dilalui oleh kendaraan di pagi hari untuk beraktivitas. Sedangkan, untuk *number in* terendah di persimpangan Bogor Veteran pada pagi hari terdapat pada ruas Jl. Bogor atas yaitu sebesar 1644,4 hal ini dikarenakan pada ruas Jl. Bogor atas tidak banyak dilalui oleh kendaraan seperti pada ruas jalan yang lainnya yang terdapat di Persimpangan Bogor Veteran.

2. Maksimum *Waiting time*

Maksimum *waiting time* merupakan waktu tunggu masing-masing entitas untuk diproses, dalam sistem lalu lintas ini maksimum *waiting time* merupakan maksimum waktu tunggu kendaraan untuk keluar dari lampu merah di masing-masing ruas jalan persimpangan Bogor Veteran, Malang. Tabel 4.25 menunjukkan nilai Maksimum *waiting time* simulasi dalam 5 replikasi.

Tabel 4. 25 Maksimum *Waiting time* Pagi Hari

No	Ruas jalan	Replikasi (detik)					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	Jl. Bogor atas	81,9561	109,56	81,6331	84,0057	81,4552	88
2	Jl. Bogor Bawah	62,7456	62,7544	64,8175	66,3608	64,9156	64
3	Jl. Veteran	69,7369	69,7131	68,9012	69,7231	69,0818	69
4	Jl. Bandung	69,7605	69,6240	69,3886	69,6837	72,7967	70

Berdasarkan Tabel 4.27 rata-rata Maksimum *waiting time* tertinggi terletak di ruas Jl. Bogor atas yaitu selama 88 detik artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor atas membutuhkan waktu paling lama 88 detik untuk keluar dari lampu merah. Hal ini disebabkan karena pada ruas Jl. Bogor Atas memiliki durasi lampu merah yang lebih lama dengan durasi lampu hijau yang lebih cepat dibandingkan dengan ruas jalan lainnya di Persimpangan Bogor Veteran, Malang. Sedangkan maksimum *waiting time* terkecil terletak di ruas Jl. Bogor Bawah yaitu selama 64 detik ,artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor Bawah membutuhkan waktu paling lama 64 detik untuk keluar dari lampu merah. Hal ini disebabkan karena pada ruas Jl. Bogor Bawah memiliki durasi lampu hijau yang lebih lama dengan durasi lampu merah yang lebih cepat dibandingkan dengan ruas jalan lainnya di Persimpangan Bogor Veteran, Malang.

3. Derajat kejenuhan

Berdasarkan perhitungan dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), derajat kejenuhan masing-masing ruas persimpangan Bogor Veteran dihitung berdasarkan persamaan 2-3. Berikut merupakan derajat kejenuhan masing-masing ruas jalan yang ditunjukkan dalam Tabel 4.26. Tabel perhitungan derajat kejenuhan dapat dilihat pada Lampiran 9.

Tabel 4.26 Derajat Kejenuhan Pengamatan pagi

Ruas Jalan	Derajat Kejenuhan
Bogor Atas	1,62
Bogor bawah	1,08
Bandung	1,00
Veteran	0,74

.Derajat kejenuhan tertinggi terletak pada ruas Jalan Bogor atas, yaitu sebesar 1,62. Sedangkan derajat kejenuhan terendah terletak pada ruas Jalan Veteran, yaitu sebesar 0,74. Derajat kejenuhan di persimpangan Jalan Bogor veteran tergolong kurang baik karena berdasarkan MKJI, derajat kejenuhan seharusnya tidak melebihi 0,75.

Faktor yang mempengaruhi derajat kejenuhan setiap ruas jalan adalah berdasarkan banyaknya kendaraan yang masuk, besarnya kapasitas untuk menampung kendaraan yang datang, dan lamanya waktu tunggu kendaraan. Misalkan pada Jl. Bogor Atas dapat diketahui derajat kejenuhan sebesar 1,62 hal ini dapat dipicu oleh walaupun jumlah kendaraan yang melalui jalan bogor atas lebih sedikit dibandingkan dengan ruas lainnya namun diketahui maksimum waktu tunggu kendaraan untuk keluar dari ruas tersebut lebih tinggi dibandingkan ruas lainnya yaitu sebesar 88 detik dan juga luas menampung kendaraan pada jalan bogor atas yang sempit dibandingkan dengan ruas lainnya sehingga hal ini menjadi faktor yang mengakibatkan pada jalan bogor atas lebih jenuh dibandingkan jalan lainnya.

4.9.1.2 Analisis hasil simulasi keadaan *Existing* Siang hari

Berikut ini merupakan analisis hasil simulasi keadaan *existing* di siang hari pada persimpangan Bogor Veteran yang dilakukan dengan software ARENA dengan 5 replikasi.

1. *Number in*

Number in merupakan jumlah entitas yang masuk ke dalam sistem. Tabel 4.27 menunjukkan *Number in* simulasi dalam 5 replikasi.

Tabel 4. 27 *Number in* Pengamatan siang

No	Ruas Jalan	Kendaraan	Replikasi					Rata-rata	Total
			1	2	3	4	5		
1	Bogor atas	Motor Bogor atas	932	944	950	935	935	939,2	1448
		Mobil Bogor atas	312	308	319	308	318	313	
		Angkutan Umum Bogor atas	197	8	135	180	112	126,4	
		Truk Sedang 2 as Bogor atas	52	2	179	28	88	69,8	
2	Bogor bawah	Motor Bogor bawah	1873	1870	1875	1873	1872	1872,6	2417
		Mobil Bogor bawah	509	510	509	515	510	510,6	
		Angkutan Umum Bogor bawah	8	2	4	22	19	11	
		Truk Sedang 2 as Bogor bawah	21	26	26	24	21	23,6	
3	Veteran	Motor Veteran	1812	1812	1811	1809	1809	1810,6	2577
		Mobil Veteran	591	593	594	592	589	591,8	
		Angkutan Umum Veteran	123	120	117	117	120	119,4	
		Truk Sedang 2 as Veteran	10	7	2	19	6	8,8	
		Container Veteran	36	29	8	42	120	47	
4	Bandung	Motor Bandung	1325	1340	1343	1332	1336	1335,2	2136
		Mobil Bandung	472	481	472	471	476	474,4	
		Angkutan Umum Bandung	72	79	84	72	67	74,8	
		Bus Sedang Bandung	121	236	22	169	161	141,8	
		Truk Sedang 2 as Bandung	24	14	28	36	47	29,8	
		Kontainer Bandung	51	83	91	141	34	80	

Berdasarkan Tabel 4.27 dapat diketahui bahwa *number in* tertinggi di persimpangan Bogor Veteran pada siang hari terdapat pada ruas Jl. Veteran yaitu sebesar 2577. Hal ini disebabkan karena pada ruas Jl. Veteran sering dilalui oleh kendaraan di siang hari.

Sedangkan, untuk *number in* terendah di persimpangan Bogor Veteran pada siang hari terdapat pada ruas Jl. Bogor atas yaitu sebesar 1448 hal ini dikarenakan pada ruas Jl. Bogor atas tidak banyak dilalui oleh kendaraan seperti pada ruas jalan yang lainnya yang terdapat di Persimpangan Bogor Veteran.

2. Maksimum *Waiting time*

Maksimum *waiting time* merupakan waktu tunggu masing-masing entitas untuk diproses, dalam sistem lalu lintas ini maksimum *waiting time* merupakan waktu tunggu kendaraan untuk keluar dari lampu merah di masing-masing ruas jalan persimpangan bogor veteran, Malang. Tabel 4.30 menunjukkan nilai maksimum *waiting time* simulasi dalam 5 replikasi.

Tabel 4.28 Maksimum *waiting time* pengamatan siang

No	Ruas jalan	Replikasi (detik)					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	Jl. Bogor atas	95,7475	81,6983	84,3403	89,5813	81,7180	86
2	Jl. Bogor Bawah	62,0246	62,3412	61,9442	62,4285	62,8779	62
3	Jl. Veteran	69,3407	69,1229	69,6062	69,3535	69,3782	69
4	Jl. Bandung	69,7414	73,5694	69,9037	68,9953	69,3102	70

Berdasarkan Tabel 4.28 rata-rata maksimum *waiting time* tertinggi terletak di ruas Jl. Bogor atas yaitu selama 86 detik artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor atas membutuhkan waktu paling lama 86 detik untuk keluar dari lampu merah. Hal ini disebabkan karena pada ruas Jl. Bogor Atas memiliki durasi lampu merah yang lebih lama dengan durasi lampu hijau yang lebih cepat dibandingkan dengan ruas jalan lainnya di Persimpangan Bogor Veteran, Malang. Sedangkan maksimum *waiting time* terkecil terletak di ruas Jl. Bogor Bawah yaitu selama 62 detik ,artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor Bawah membutuhkan waktu 62 detik untuk keluar dari lampu merah. Hal ini disebabkan karena pada ruas Jl. Bogor Bawah memiliki durasi lampu hijau yang lebih lama dengan durasi lampu merah yang lebih cepat dibandingkan dengan ruas jalan lainnya di Persimpangan Bogor Veteran, Malang.

3. Derajat kejenuhan

Berdasarkan perhitungan dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), derajat kejenuhan masing-masing ruas persimpangan Bogor Veteran dihitung berdasarkan persamaan 2-3. Berikut merupakan derajat kejenuhan masing-masing ruas jalan yang

ditunjukkan dalam Tabel 4.29. Tabel perhitungan derajat kejenuhan dapat dilihat pada Lampiran 10.

Tabel 4.29 Derajat Kejenuhan Pengamatan Siang

Ruas Jalan	Derajat Kejenuhan
Bogor Atas	1,24
Bogor bawah	1,24
Bandung	0,76
Veteran	0,88

Tabel 4.29 menunjukkan derajat kejenuhan tertinggi terletak pada ruas Jalan Bogor atas dan jalan bogor bawah, yaitu sebesar 1,24. Sedangkan derajat kejenuhan terendah terletak pada ruas Jalan Bandung, yaitu sebesar 0,76. Derajat kejenuhan di persimpangan Jalan Bogor veteran tergolong kurang baik karena berdasarkan MKJI, derajat kejenuhan seharusnya tidak melebihi 0,75.

Faktor yang mempengaruhi derajat kejenuhan setiap ruas jalan adalah berdasarkan banyaknya kendaraan yang masuk, besarnya kapasitas untuk menampung kendaraan yang datang, dan lamanya waktu tunggu kendaraan. Misalkan pada Jl. Bogor Atas dapat diketahui derajat kejenuhan sebesar 1,24 hal ini dapat dipicu oleh walaupun jumlah kendaraan yang melalui jalan bogor atas lebih sedikit dibandingkan dengan ruas lainnya namun diketahui maksimum waktu tunggu kendaraan untuk keluar dari ruas tersebut lebih tinggi dibandingkan ruas lainnya yaitu sebesar 86 detik dan juga luas menampung kendaraan pada jalan bogor atas yang sempit dibandingkan dengan ruas lainnya sehingga hal ini menjadi faktor yang mengakibatkan pada jalan bogor atas lebih jenuh dibandingkan jalan lainnya. Pada ruas Jl. Bogor Bawah juga didapatkan derajat kejenuhan sebesar 1,24. Hal ini disebabkan oleh walaupun maksimum *waiting time* pada ruas jalan bogor bawah lebih kecil dibandingkan dengan ruas jalan lainnya yaitu sebesar 62 detik namun kendaraan yang datang pada ruas jalan bogor bawah mencapai 2417 kendaraan, luas jalan untuk menampung kendaraan pada ruas Jl. Bogor Bawah dirasa tidak terlalu cukup besar untuk menampung banyaknya kendaraan yang datang yaitu sebesar 4 meter sehingga hal ini yang menyebabkan jenuhnya kendaraan Jl. Bogor Bawah.

4.9.1.3 Analisis Hasil Simulasi Keadaan *Existing* Sore Hari

Berikut ini merupakan analisis hasil simulasi keadaan *existing* sore hari di persimpangan Bogor Veteran yang dilakukan dengan software ARENA sebanyak 5 replikasi.

1. *Number in*

Number in merupakan jumlah entitas yang masuk ke dalam sistem. Tabel 4.30 menunjukkan *Number in* simulasi dalam 5 replikasi. Berdasarkan Tabel 4.30 dapat diketahui bahwa *number in* tertinggi di persimpangan Bogor Veteran pada sore hari terdapat pada ruas Jl. Veteran yaitu sebesar 3838. Hal ini disebabkan karena pada ruas Jl. Veteran sering dilalui oleh kendaraan pada sore hari. Sedangkan, untuk *number in* terendah di persimpangan Bogor Veteran pada sore hari terdapat pada ruas Jl. Bogor atas yaitu sebesar 943 hal ini dikarenakan pada ruas Jl. Bogor atas tidak banyak dilalui oleh kendaraan seperti pada ruas jalan yang lainnya yang terdapat di Persimpangan Bogor Veteran.

Tabel 4.30 *Number in* Pengamatan Sore

No	Ruas Jalan	Kendaraan	Replikasi					Rata-rata	Total
			1	2	3	4	5		
1	Bogor atas	Motor Bogor atas	713	712	717	705	705	710,4	943
		Mobil Bogor atas	206	208	209	209	210	208,4	
		Angkutan Umum Bogor atas	13	15	16	7	19	14	
		Truk Sedang 2 as Bogor atas	14	12	11	8	10	11	
2	Bogor bawah	Motor Bogor bawah	1740	1750	1753	1745	1754	1748,4	2332
		Mobil Bogor bawah	454	460	460	461	458	458,6	
		Angkutan Umum Bogor bawah	19	21	18	22	23	20,6	
		Truk Sedang 2 as Bogor bawah	13	13	16	12	11	13	
		Truk Besar 3 as Bogor bawah	1	30	129	91	208	91,8	
3	Veteran	Motor Veteran	2829	2817	2831	2818	2815	2822	3838
		Mobil Veteran	759	761	760	758	764	760,4	
		Angkutan Umum Veteran	123	126	125	121	124	123,8	
		Bus Sedang Veteran	55	30	138	60	118	80,2	
		Bus Besar Veteran	2	45	1	65	10	24,6	
		Truk Sedang 2 as Veteran	18	9	16	10	15	13,6	
		Truk Besar 3 as Veteran	5	28	4	9	23	13,8	
4	Bandung	Motor bandung	1051	1054	1057	1054	1054	1054	1727
		Mobil bandung	407	409	412	407	410	409	
		Angkutan Umum bandung	78	76	81	78	78	78,2	
		Bus Sedang bandung	19	17	7	2	3	9,6	
		Bus Besar bandung	79	50	18	82	99	65,6	
		Truk Sedang 2 as bandung	30	107	12	66	31	49,2	
		Truk Besar 3 as bandung	34	70	102	91	14	62,2	

2. Maksimum *Waiting time*

Maksimum *waiting time* merupakan waktu tunggu masing-masing entitas untuk diproses, dalam sistem lalu lintas ini maksimum *waiting time* merupakan waktu tunggu kendaraan untuk keluar dari lampu merah di masing-masing ruas jalan persimpangan bogor veteran, Malang. Tabel 4.31 menunjukkan nilai maximum *waiting time* simulasi dalam 5 replikasi.

Tabel 4.31 Maksimum *waiting time* Pengamatan Sore

No	Ruas jalan	Replikasi (detik)					Rata - rata
		1	2	3	4	5	
1	Jl. Bogor atas	81,7331	80,9970	80,9748	80,9750	80,9423	81
2	Jl. Bogor Bawah	62,3486	62,1714	62,3023	62,8748	63,4122	63
3	Jl. Veteran	70,0556	69,6254	69,7804	69,2331	69,6874	70
4	Jl. Bandung	69,2675	69,8891	69,4152	69,3083	70,1365	70

Berdasarkan Tabel 4.31 rata-rata maksimum *waiting time* tertinggi terletak di ruas Jl. Bogor atas yaitu selama 81 detik artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor atas membutuhkan waktu paling lama 81 detik untuk keluar dari lampu merah. Hal ini disebabkan karena pada ruas Jl. Bogor Atas memiliki durasi lampu merah yang lebih lama dengan durasi lampu hijau yang lebih cepat dibandingkan dengan ruas jalan lainnya di Persimpangan Bogor Veteran, Malang. Sedangkan maksimum *waiting time* terkecil terletak di ruas Jl. Bogor Bawah yaitu selama 63 detik ,artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor Bawah membutuhkan waktu paling lama 63 detik untuk keluar dari lampu merah. Hal ini disebabkan karena pada ruas Jl. Bogor Bawah memiliki durasi lampu hijau yang lebih lama dengan durasi lampu merah yang lebih cepat dibandingkan dengan ruas jalan lainnya di Persimpangan Bogor Veteran, Malang.

3. Derajat kejenuhan

Berdasarkan perhitungan dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), derajat kejenuhan masing-masing ruas persimpangan Bogor Veteran dihitung berdasarkan persamaan 2-3. Berikut merupakan derajat kejenuhan masing-masing ruas jalan yang ditunjukkan dalam Tabel 4.32. Tabel perhitungan derajat kejenuhan dapat dilihat pada Lampiran 11.

Tabel 4.32 Derajat Kejenuhan Pengamatan Sore

Ruas Jalan	Derajat Kejenuhan
Bogor Atas	0,92
Bogor bawah	1,13
Bandung	0,62
Veteran	1,24

Derajat kejenuhan tertinggi terletak pada ruas Jalan Bogor atas dan jalan Veteran, yaitu sebesar 1,24. Sedangkan derajat kejenuhan terendah terletak pada ruas Jalan Bandung, yaitu

sebesar 0,62. Derajat kejenuhan di persimpangan Jalan Bogor veteran tergolong kurang baik karena berdasarkan MKJI, derajat kejenuhan seharusnya tidak melebihi 0,75.

Faktor yang mempengaruhi derajat kejenuhan setiap ruas jalan adalah berdasarkan banyaknya kendaraan yang masuk, besarnya kapasitas untuk menampung kendaraan yang datang, dan lamanya waktu tunggu kendaraan. Misalkan pada Jl. Veteran dapat diketahui derajat kejenuhan sebesar 1,24 hal ini dapat dipicu oleh banyaknya kendaraan yang melalui ruas Jl. Veteran yaitu sebesar 3838 kendaraan dan maksimalan waktu tunggu kendaraan untuk keluar mencapai 70 detik. Sehingga hal ini menyebabkan jenuhnya ruas Jl. Veteran pada sore hari.

4.9.2 Rekomendasi Perbaikan

Setelah dilakukan analisa hasil simulasi dari keadaan *existing* maka langkah selanjutnya adalah perancangan skenario usulan-usulan perbaikan yang mungkin dapat dilakukan untuk mengurangi waktu tunggu antrian kendaraan di persimpangan Bogor Veteran. Perancangan skenario ini dilakukan dengan menganalisa model yang telah dibuat sebelumnya kemudian melakukan perbaikan pada model *existing*. Perancangan skenario usulan perbaikan yang dapat diterapkan pada model *existing* di pagi hari, siang hari, dan sore hari adalah sebagai berikut.

1. Durasi waktu sinyal

Perubahan durasi waktu sinyal diperlukan karena berdasarkan model yang sudah dibuat dan disimulasikan menunjukkan bahwa durasi waktu sinyal yang berlaku saat ini tidak lagi sesuai dengan kondisi arus lalu lintas yang ada sehingga menyebabkan *waiting time* yang tinggi di persimpangan Bogor Veteran. Oleh karena itu, perlu dilakukan penentuan durasi waktu sinyal yang sesuai dengan keadaan arus lalu lintas di persimpangan Bogor Veteran. Pengaturan durasi waktu sinyal ini dilakukan berdasarkan panduan MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia).

2. Pengaturan belok kiri langsung

Pengaturan belok kiri langsung dilakukan agar mengurangi antrian di persimpangan Bogor Veteran. Salah satu penyebab antrian di ruas jalan adalah karena kendaraan yang seharusnya bisa langsung belok kiri ternyata harus masuk terlebih dahulu kedalam antrian kendaraan yang ingin belok kanan dan lurus sehingga menimbulkan panjangnya antrian di ruas jalan saat lampu merah menyala. Oleh karena itu, perlu untuk melakukan pengaturan belok kiri langsung.

3. Pengaturan fase persimpangan

Pengaturan fase persimpangan dilakukan untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan di persimpangan. Dengan mengurangi fase persimpangan yang ada saat ini yaitu 3 fase menjadi 2 fase diharapkan mampu mengurangi waktu tunggu kendaraan di setiap ruas jalan persimpangan Bogor Veteran. Perubahan fase persimpangan juga merubah durasi waktu sinyal yang ada sebelumnya. Pengaturan durasi waktu sinyal ini dilakukan berdasarkan panduan MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia).

4.9.2.1 Perbaikan Model *Existing* Persimpangan Bogor Veteran Pada Pagi Hari

Berikut ini merupakan Perbaikan model *existing* persimpangan Bogor Veteran pada pagi hari.

1. Pengaturan durasi waktu sinyal

Skenario pertama untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan di persimpangan Bogor Veteran adalah mengatur durasi waktu sinyal persimpangan bogor veteran. Namun, Berdasarkan hasil perhitungan MKJI (Lampiran 9), untuk pengaturan durasi waktu sinyal persimpangan Bogor Veteran pada pagi hari tidak bisa dilakukan karena mempunyai nilai Rasio Arus Simpang yang melebihi 1 yaitu 1.074. Hal ini menyebabkan perhitungan untuk mencari waktu siklus penyesuaian menjadi minus (-). Sehingga perlu dilakukan skenario perbaikan yang lain di pengaturan persimpangan Bogor Veteran.

2. Pengaturan Belok kiri langsung

Skenario kedua untuk mengurangi kepadatan setiap ruas jalan persimpangan Bogor Veteran adalah mengatur kebijakan belok kiri langsung di persimpangan Bogor Veteran yang belum menerapkan kebijakan belok kiri langsung. Pada model *existing* pengaturan kebijakan belok kiri langsung hanya digunakan pada ruas jalan veteran. Sehingga pada skenario perbaikan ini akan dilakukan penerapan belok kiri langsung di ruas jalan bogor atas, ruas jalan bogor bawah dan ruas jalan bandung. Untuk menerapkan skenario perbaikan pengaturan belok kiri langsung semua ruas maka harus melakukan perubahan program pada model *existing* di *software* ARENA. Gambar program rekomendasi perbaikan belok kiri semua ruas jalan persimpangan Bogor Veteran, malang pada pagi hari dapat dilihat pada Lampiran 12.

Setelah melakukan perubahan program yang sesuai untuk pengaturan kebijakan belok kiri langsung di persimpangan Bogor Veteran, maka dilakukan uji *run* program untuk melihat hasil maksimum *waiting time* dari rekomendasi perbaikan pengaturan belok kiri

langsung. Tabel 4.33 merupakan hasil Maksimum *waiting time* dari rekomendasi perbaikan belok kiri langsung.

Tabel 4.33 Maksimum *waiting time* pengaturan belok kiri pagi hari

No	Ruas jalan	Replikasi (detik)					Rata - rata
		1	2	3	4	5	
1	Jl. Bandung	69,435	69,1458	69,7129	69,7575	69,5726	70
2	Jl. Bogor Bawah	61,863	62,0332	62,6483	61,9280	61,9952	62
3	Jl. Bogor Atas	80,8028	80,8163	84,3112	84,005	80,9714	82
4	Jl. Veteran	69,4569	69,3451	69,6869	69,4230	69,3358	69

Berdasarkan Tabel 4.33 rata-rata Maksimum *Waiting time* tertinggi terletak di ruas Jl. Bogor atas yaitu selama 82 detik artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor atas membutuhkan waktu paling lama 82 detik untuk keluar dari lampu merah. Sedangkan Maksimum *waiting time* terkecil terletak di ruas Jl. Bogor Bawah yaitu selama 62 detik ,artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor Bawah membutuhkan waktu paling lama 62 detik untuk keluar dari lampu merah.

Untuk mengetahui derajat kejenuhan dari perbaikan model *existing* dengan melakukan pengaturan belok kiri langsung maka dilakukan perhitungan derajat kejenuhan berdasarkan panduan MKJI. Pengolahan derajat kejenuhan perbaikan model dengan pengaturan belok kiri langsung dapat dilihat pada Lampiran 13. Tabel 4.34 merupakan Derajat kejenuhan perbaikan model dengan pengaturan belok kiri langsung.

Tabel 4.34 Derajat kejenuhan skenario pengaturan belok kiri pagi hari

No	Ruas jalan	Derajat kejenuhan
1	Bogor atas	0,94
2	Bogor bawah	0,38
3	Bandung	0,84
4	Veteran	0,74

Berdasarkan Tabel 4.34 dapat diketahui derajat kejenuhan pada setiap simpang bogor veteran apabila melakukan peraturan belok kiri langsung yaitu pada ruas Bogor atas memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,94, Pada ruas Bogor bawah memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,38. Pada ruas Bandung memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,84, dan Pada ruas veteran memiliki derajat kejenuhan sebesar 0.74.

3. Perubahan fase

Kondisi fase saat ini di persimpangan Bogor Veteran dirasa masih kurang optimal karena dengan menerapkan 3 fase pada persimpangan Bogor Veteran memiliki rasio arus lalu lintas yang melebihi 1 dan memiliki derajat kejenuhan diatas 0,75. Untuk mendapatkan nilai rasio arus lalu lintas dibawah 1, maka dapat dilakukan pengurangan kondisi fase saat

ini menjadi 2 fase. Dengan menerapkan pengaturan 2 fase, maka durasi waktu sinyal saat ini tidak dapat digunakan sehingga harus melakukan perhitungan waktu sinyal untuk 2 fase sesuai dengan panduan MKJI. Berikut ini merupakan tahap untuk melakukan rekomendasi perbaikan 2 fase

- a. Melakukan perhitungan untuk mencari waktu sinyal persimpangan Bogor Veteran yang menerapkan 2 fase.

Pengaturan waktu sinyal baru untuk 2 fase dilakukan berdasarkan panduan MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) dengan melakukan pengisian menggunakan Formulir SIG I, SIG II, dan SIG IV (Lampiran 14).

Setelah melakukan pengisian formulir MKJI untuk menentukan waktu sinyal persimpangan berdasarkan pengaturan 2 fase, maka pada tabel 4.35 didapatkan waktu sinyal untuk 2 fase di persimpangan Bogor Veteran.

Tabel 4.35 Skenario Perubahan Fase Pagi Hari

No	Ruas Jalan	Fase	Waktu sinyal (detik)			waktu siklus (detik)
			Hijau	Kuning	Merah	
1	Bogor Atas	1	51	3	42	96
2	Bogor Bawah	1	51	3	42	
3	Bandung	2	39	3	54	
4	Veteran	2	39	3	54	

- b. Membuat program persimpangan Bogor Veteran pada pagi hari dengan 2 fase dengan menggunakan software Arena 5.0. Gambar program rekomendasi perbaikan persimpangan Bogor Veteran dengan 2 fase pada pagi hari dapat dilihat pada Lampiran 15.

- c. Menganalisis maksimum *waiting time* dan derajat kejenuhan.

Setelah pembuatan model perbaikan pada model *existing* maka dilakukan uji *run* model sehingga dapat menganalisis hasil dari model perbaikan. Berikut ini merupakan analisis hasil model perbaikan.

- 1) Analisis maksimum *Waiting time*

Tabel 4.36 Maksimum *Waiting time* Perbaikan Pengaturan Fase Pagi Hari

No	Ruas jalan	Replikasi (detik)					Rata – rata (detik)
		1	2	3	4	5	
1	Jl. Bogor atas	42.,5765	41,9874	41,999	42,2782	42,2672	42
2	Jl. Bogor Bawah	42,4465	42,3523	42,4923	44.,807	41,9554	43
3	Jl. Veteran	54.,940	53,8206	54,7674	54,6566	54,3124	54
4	Jl. Bandung	55,0486	54,8584	54.3972	54,8347	54,5471	55

Berdasarkan Tabel 4.36 rata-rata maksimum *Waiting time* tertinggi terdapat pada ruas Jl. Bandung yaitu selama 55 detik artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bandung membutuhkan waktu paling lama 55 detik untuk keluar dari lampu merah. Sedangkan maksimum *waiting time* terkecil terletak di ruas Jl. Bogor atas yaitu selama 42 detik ,artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor atas membutuhkan waktu paling lama 42 detik untuk keluar dari lampu merah.

2) Derajat kejenuhan

Berikut ini merupakan tabel derajat kejenuhan rekomendasi perbaikan fase pagi hari. Pengolahan data derajat kejenuhan rekomendasi perbaikan fase pagi hari dapat dilihat pada Lampiran 14.

Tabel 4.37 Derajat kejenuhan rekomendasi perbaikan fase pagi hari

No	Ruas jalan	Derajat kejenuhan
1	Jl. Bogor atas	0,54
2	Jl. Bogor Bawah	0,79
3	Jl. Veteran	0,79
4	Jl. Bandung	0,59

Berdasarkan tabel 4.37 dapat diketahui derajat kejenuhan pada setiap simpang bogor veteran apabila melakukan peraturan belok kiri langsung yaitu pada ruas Bogor atas memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,54, Pada ruas Bogor bawah dan ruas Jl. Veteran memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,79. Pada ruas Jl. Bandung memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,59.

4.9.2.2 Perbaikan Model *Existing* Persimpangan Bogor Veteran Pada Siang Hari

Berikut ini merupakan Perbaikan model *existing* persimpangan Bogor Veteran pada siang hari

1. Pengaturan durasi waktu sinyal

Berdasarkan hasil perhitungan MKJI (Lampiran 7), untuk pengaturan durasi waktu sinyal persimpangan Bogor Veteran pada siang hari tidak bisa dilakukan karena mempunyai nilai Rasio Arus Simpang yang melebihi 1 yaitu 1.020. Hal ini menyebabkan perhitungan untuk mencari waktu siklus penyesuaian menjadi minus (-). Sehingga perlu dilakukan skenario perbaikan yang lain di pengaturan persimpangan bogor veteran.

2. Pengaturan Belok kiri langsung

Skenario kedua untuk mengurangi utilitas kepadatan setiap ruas jalan persimpangan Bogor Veteran adalah mengatur kebijakan belok kiri langsung di persimpangan Bogor Veteran yang belum menerapkan kebijakan belok kiri langsung. Pada model *existing* pengaturan kebijakan belok kiri langsung hanya digunakan pada ruas jalan veteran. Sehingga pada skenario perbaikan ini akan dilakukan penerapan belok kiri langsung di ruas jalan bogor atas, ruas jalan bogor bawah dan ruas jalan bandung. Untuk menerapkan skenario perbaikan pengaturan belok kiri langsung semua ruas maka harus melakukan perubahan program pada model *existing* di software ARENA. Gambar rekomendasi perbaikan belok kiri semua ruas jalan pada siang hari dapat dilihat pada Lampiran 16.

Setelah melakukan perubahan program yang sesuai untuk pengaturan kebijakan belok kiri langsung di persimpangan Bogor Veteran, maka dilakukan uji *run* program untuk melihat hasil maksimum *waiting time* dari rekomendasi perbaikan pengaturan belok kiri langsung. Tabel 4.38 merupakan hasil *waiting time* dari rekomendasi perbaikan belok kiri langsung.

Tabel 4.38 Maksimum *Waiting time* Rekomendasi Perbaikan Belok Kiri Langsung Siang

No	Ruas jalan	Replikasi (detik)					Rata – rata (detik)
		1	2	3	4	5	
1	Jl. Bandung	69.8221	69.83	70.01	69.47	69.05	70
2	Jl. Bogor Bawah	61.8887	61.7282	62.3160	62.51	61.87	62
3	Jl. Bogor Atas	84.9869	81.6983	83.8421	80.99	83.8342	83
4	Jl. Veteran	69.85	68.99	70.37	69.26	69.3045	70

Berdasarkan Tabel 4.38 rata-rata maksimum *Waiting time* tertinggi terletak di ruas Jl. Bogor atas yaitu selama 83 detik artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor atas membutuhkan waktu paling lama 83 detik untuk keluar dari lampu merah. Sedangkan maksimum *waiting time* terkecil terletak di ruas Jl. Bogor Bawah yaitu selama 62 detik ,artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor Bawah membutuhkan waktu paling lama 62 detik untuk keluar dari lampu merah.

Untuk mengetahui derajat kejenuhan dari perbaikan model *existing* dengan melakukan pengaturan belok kiri langsung maka dilakukan perhitungan derajat kejenuhan berdasarkan panduan MKJI (Lampiran 17). Tabel 4.39 merupakan Derajat kejenuhan perbaikan model dengan pengaturan belok kiri langsung.

Tabel 4.39 Derajat Kejenuhan Pengaturan Belok Kiri Langsung Siang

No	Ruas jalan	Derajat kejenuhan
1	Bogor atas	1.00
2	Bogor bawah	0.48
3	Bandung	0.66
4	Veteran	0.88

Berdasarkan tabel 3.39 dapat diketahui derajat kejenuhan pada setiap simpang bogor veteran apabila melakukan peraturan belok kiri langsung yaitu pada ruas Bogor atas memiliki derajat kejenuhan sebesar 1, Pada ruas Bogor bawah memiliki derajat kejenuhan sebesar 0.48. Pada ruas Bandung memiliki derajat kejenuhan sebesar 0.66, dan Pada ruas veteran memiliki derajat kejenuhan sebesar 0.88.

3. Perubahan fase

Kondisi fase saat ini di persimpangan Bogor Veteran dirasa masih kurang optimal karena dengan menerapkan 3 fase pada persimpangan Bogor Veteran memiliki rasio arus lalu lintas yang melebihi 1 dan memiliki derajat kejenuhan diatas 0.75. Untuk mendapatkan nilai rasio arus lalu lintas dibawah 1, maka dapat dilakukan pengurangan kondisi fase saat ini menjadi 2 fase. Dengan menerapkan pengaturan 2 fase, maka durasi waktu sinyal saat ini tidak dapat digunakan sehingga harus melakukan perhitungan waktu sinyal untuk 2 fase sesuai dengan panduan MKJI. Berikut ini merupakan tahap untuk melakukan rekomendasi perbaikan 2 fase

- a. Melakukan perhitungan untuk mencari waktu sinyal persimpangan Bogor Veteran yang menerapkan 2 fase.

Pengaturan waktu sinyal baru untuk 2 fase dilakukan berdasarkan panduan MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) dengan melakukan pengisian menggunakan Formulir SIG I, SIG II, dan SIG IV (Lampiran 18). Setelah melakukan pengisian formulir MKJI untuk menentukan waktu sinyal persimpangan berdasarkan pengaturan 2 fase, maka pada tabel 4.42 didapatkan waktu sinyal untuk 2 fase di persimpangan Bogor Veteran

Tabel 4.40 Fase Perbaikan Siang Hari

No	Ruas Jalan	Fase	Waktu sinyal (detik)			waktu siklus (detik)
			Hijau	Kuning	Merah	
1	Bogor Atas	1	63	3	40	106
2	Bogor Bawah	1	63	3	40	
3	Bandung	2	37	3	66	
4	Veteran	2	37	3	66	

- b. Membuat program persimpangan Bogor Veteran pada pagi hari dengan 2 fase dengan menggunakan software Arena 5.0. Gambar program rekomendasi perbaikan persimpangan Bogor Veteran dengan 2 fase pada siang hari dapat dilihat pada Lampiran 19.
- c. Menganalisis *waiting time* dan derajat kejenuhan.

Setelah pembuatan model perbaikan pada model *existing* maka dilakukan uji *run* model sehingga dapat menganalisis hasil dari model perbaikan. Berikut ini merupakan analisis hasil model perbaikan

1) Analisis maksimum *Waiting time*

Tabel 4.41 Analisis Maksimum *Waiting time*

No	Ruas jalan	Replikasi (detik)					Rata – rata (detik)
		1	2	3	4	5	
1	Jl. Bogor atas	44,5389	40,341	40,2081	42,4939	39,9618	42
2	Jl. Bogor Bawah	40,6654	40,2	39,9039	40,6079	40,4363	40
3	Jl. Veteran	66,7213	66,7868	66,5311	66,3435	65,995	66
4	Jl. Bandung	66,05	67	66,4830	66,239	66,9179	67

Berdasarkan Tabel 4.41 rata-rata maksimum *Waiting time* tertinggi terdapat pada ruas Jl. Bandung yaitu selama 67 detik artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bandung membutuhkan waktu paling lama 67 detik untuk keluar dari lampu merah. Sedangkan maksimum *waiting time* terkecil terletak di ruas Jl. Bogor Bawah yaitu selama 40 detik ,artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor Bawah membutuhkan waktu paling lama 40 detik untuk keluar dari lampu merah.

2) Derajat Kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan pengaturan 2 fase pada siang hari dapat dilihat pada Lampiran 18. Berikut ini merupakan tabel Derajat kejenuhan rekomendasi perbaikan fase siang hari.

Tabel 4.42 Derajat kejenuhan rekomendasi perbaikan fase siang

No	Ruas jalan	Derajat kejenuhan
1	Jl. Bogor atas	0,27
2	Jl. Bogor Bawah	0,81
3	Jl. Veteran	0,81
4	Jl. Bandung	0,7

Berdasarkan tabel 4.42 dapat diketahui derajat kejenuhan pada setiap simpang bogor veteran apabila melakukan rekomendasi peraturan fase yaitu pada ruas Bogor atas memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,27, Pada ruas Bogor bawah dan ruas Veteran memiliki derajat kejenuhan sebesar 0.81, dan Pada ruas Bandung memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,70.

4.9.2.3 Perbaikan Model *Existing* Persimpangan Bogor Veteran Pada Sore Hari

Berikut ini merupakan Perbaikan model *existing* persimpangan Bogor Veteran pada siang hari.

1. Pengaturan durasi waktu sinyal

Berdasarkan hasil perhitungan MKJI (Lampiran 8), untuk pengaturan durasi waktu sinyal persimpangan Bogor Veteran pada sore hari tidak bisa dilakukan karena mempunyai nilai rasio arus simpang yang melebihi 1 yaitu 1,026. Hal ini menyebabkan perhitungan untuk mencari waktu siklus penyesuaian menjadi minus (-). Sehingga perlu dilakukan skenario perbaikan yang lain di pengaturan persimpangan bogor veteran.

2. Pengaturan Belok kiri langsung

Skenario kedua untuk mengurangi utilitas kepadatan setiap ruas jalan persimpangan Bogor Veteran adalah mengatur kebijakan belok kiri langsung di persimpangan Bogor Veteran yang belum menerapkan kebijakan belok kiri langsung. Pada model *existing* pengaturan kebijakan belok kiri langsung hanya digunakan pada ruas jalan veteran. Sehingga pada skenario perbaikan ini akan dilakukan penerapan belok kiri langsung di ruas jalan bogor atas, ruas jalan bogor bawah dan ruas jalan bandung. Untuk menerapkan skenario perbaikan pengaturan belok kiri langsung semua ruas maka harus melakukan perubahan model *existing* di software ARENA. Gambar model sesudah rekomendasi perbaikan belok kiri semua ruas jalan pada sore hari dapat dilihat pada Lampiran 20

Setelah melakukan perubahan program yang sesuai untuk pengaturan kebijakan belok kiri langsung di persimpangan Bogor Veteran, maka dilakukan uji *run* program untuk melihat hasil *waiting time* dari rekomendasi perbaikan pengaturan belok kiri langsung. Tabel 4.43 merupakan hasil *waiting time* dari rekomendasi perbaikan belok kiri langsung.

Tabel 4. 43 Fase perbaikan sore

No	Ruas jalan	Replikasi (detik)					Rata – rata (detik)
		1	2	3	4	5	
1	Jl. Bandung	69,5941	68,8727	68,99	69,27	69,1649	69
2	Jl. Bogor Bawah	61,9949	61,99	61,96	61,97	61,98	62
3	Jl. Bogor Atas	80,975	80,58	80,9,7	80,9	80,9064	81
4	Jl. Veteran	69,9052	70,97	69,54	69,88	69,6611	70

Berdasarkan Tabel 4.43 rata-rata maksimum *waiting time* tertinggi terletak di ruas Jl. Bogor atas yaitu selama 81 detik artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor atas membutuhkan waktu paling lama 81 detik untuk keluar dari lampu merah. Sedangkan maksimum *waiting time* terkecil terletak di ruas Jl. Bogor Bawah yaitu selama 62 detik ,artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor Bawah membutuhkan waktu paling lama 62 detik untuk keluar dari lampu merah.

Untuk mengetahui derajat kejenuhan dari perbaikan model *existing* dengan melakukan pengaturan belok kiri langsung maka dilakukan perhitungan derajat kejenuhan berdasarkan panduan MKJI (Lampiran 21). Tabel 4.44 merupakan Derajat kejenuhan perbaikan model dengan pengaturan belok kiri langsung.

Tabel 4.44 Derajat Kejenuhan Peraturan Belok Kiri Langsung Sore

No	Ruas jalan	Derajat kejenuhan
1	Bogor atas	0,67
2	Bogor bawah	0,51
3	Bandung	0,59
4	Veteran	1,24

Berdasarkan tabel 4.44 dapat diketahui derajat kejenuhan pada setiap simpang Bogor Veteran apabila melakukan peraturan belok kiri langsung yaitu pada ruas Bogor atas memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,67, Pada ruas Bogor bawah memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,51. Pada ruas Bandung memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,59, dan Pada ruas veteran memiliki derajat kejenuhan sebesar 1,24.

3. Perubahan fase

Kondisi fase saat ini di persimpangan Bogor Veteran dirasa masih kurang optimal karena dengan menerapkan 3 fase pada persimpangan Bogor Veteran memiliki rasio arus lalu lintas yang melebihi 1 dan memiliki derajat kejenuhan diatas 0.75. Untuk mendapatkan nilai rasio arus lalu lintas dibawah 1, maka dapat dilakukan pengurangan kondisi fase saat ini menjadi 2 fase. Dengan menerapkan pengaturan 2 fase, maka durasi waktu sinyal saat ini tidak dapat digunakan sehingga harus melakukan perhitungan waktu sinyal untuk 2 fase sesuai dengan panduan MKJI. Berikut ini merupakan tahap untuk melakukan rekomendasi perbaikan 2 fase

- a. Melakukan perhitungan untuk mencari waktu sinyal persimpangan Bogor Veteran yang menerapkan 2 fase.

Pengaturan waktu sinyal baru untuk 2 fase dilakukan berdasarkan panduan MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) dengan melakukan pengisian menggunakan Formulir SIG I, SIG II, dan SIG IV (Lampiran 22). Setelah melakukan pengisian formulir MKJI untuk menentukan waktu sinyal persimpangan berdasarkan pengaturan 2 fase, maka pada tabel 4.45 didapatkan waktu sinyal untuk 2 fase di persimpangan Bogor Veteran

Tabel 4.45 Fase Perbaikan Sore

No	Ruas Jalan	Fase	Waktu sinyal (detik)			waktu siklus (detik)
			Hijau	Kuning	Merah	
1	Bogor Atas	1	77	3	73	153
2	Bogor Bawah	1	77	3	73	
3	Bandung	2	70	3	80	
4	Veteran	2	70	3	80	

- b. Membuat program persimpangan Bogor Veteran pada pagi hari dengan 2 fase dengan menggunakan software Arena 5.0. Gambar program rekomendasi perbaikan persimpangan Bogor Veteran dengan 2 fase kondisi sore hari dapat dilihat pada Lampiran 23.

- c. Menganalisis maksimal *waiting time*, dan derajat kejenuhan.

Setelah pembuatan model perbaikan pada model *existing* maka dilakukan uji *run* model sehingga dapat menganalisis hasil dari model perbaikan. Berikut ini merupakan analisis hasil model perbaikan

- 1) Analisis maksimum *Waiting time*

Tabel 4.46 Maksimum *Waiting time*

No	Ruas jalan	Replikasi (detik)					Rata – rata (detik)
		1	2	3	4	5	
1	Jl. Bogor atas	72,9154	73,1358	72,7552	72,8134	72,6789	72
2	Jl. Bogor Bawah	73,6350	73,1917	73,4631	73,2725	73,0716	73
3	Jl. Veteran	80,6096	80,3501	80,7599	80,2860	80,3944	80
4	Jl. Bandung	79,8208	81,3343	80,7133	80,3483	80,6165	81

Berdasarkan Tabel 4.46 rata-rata maksimal *Waiting time* tertinggi terdapat pada ruas Jl. Bandung yaitu selama 81 detik artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bandung membutuhkan waktu paling lama 81 detik untuk keluar dari lampu merah. Sedangkan *waiting time* terkecil terletak di ruas Jl. Bogor Atas yaitu selama 72 detik, artinya masing-masing kendaraan yang memasuki antrian di ruas Jl. Bogor Atas membutuhkan waktu paling lama 72 detik untuk keluar dari lampu merah.

2) Derajat Kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan pengaturan 2 fase pada sore hari dapat dilihat pada Lampiran 22. Berikut ini merupakan tabel Derajat kejenuhan rekomendasi perbaikan fase sore hari.

Tabel 4.47 Derajat Kejenuhan Rekomendasi Pengaturan Fase Sore

No	Ruas jalan	Derajat kejenuhan
1	Jl. Bogor atas	0,32
2	Jl. Bogor Bawah	0,87
3	Jl. Veteran	0,87
4	Jl. Bandung	0,44

Berdasarkan tabel 4.47 dapat diketahui derajat kejenuhan pada setiap simpang bogor veteran apabila melakukan rekomendasi peraturan fase yaitu pada ruas Bogor atas memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,32, Pada ruas Bogor bawah dan ruas Veteran memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,87 dan pada ruas Bandung memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,44.

4.9.3 Pemilihan Skenario Terbaik

Pada subab ini akan dilakukan pemilihan alternatif skenario terbaik berdasarkan perancangan skenario yang sudah dilakukan pada setiap waktu jam puncak terjadinya kepadatan lalu lintas di Persimpangan Bogor Veteran. Pemilihan skenario terbaik ditentukan berdasarkan berkurangnya maksimum *waiting time*, durasi waktu tunggu setiap ruas pada persimpangan Bogor Veteran tidak memiliki selisih yang besar, dan derajat kejenuhan diharapkan berada pada nilai 0,75 yang merupakan nilai yang diharapkan pada MKJI.

4.9.3.1 Pemilihan Skenario Terbaik Persimpangan Bogor Veteran Saat Pagi Hari

Tabel 4. 48 merupakan rangkuman maksimum *waiting time* dan derajat kejenuhan dari model *existing* dan model rancangan skenario yang sudah dilakukan pada persimpangan bogoor veteran saat pagi hari.

Tabel 4.48 Rangkuman Rekomendasi Perbaikan Pada Persimpangan Bogor Veteran Pagi Hari

Waktu	Ruas Jalan	Existing		Skenario pengaturan belok kiri langsung		Skenario penerapan 2 fase	
		Maksimum <i>Waiting time</i> (detik)	Derajat Kejenuhan	Maksimum <i>Waiting time</i> (detik)	Derajat Kejenuhan	Maksimum <i>Waiting time</i> (detik)	Derajat Kejenuhan
Pagi	JL. Bandung	70	1,00	70	0,84	55	0,59
	Jl. Bogor bawah	64	1,08	62	0,38	43	0,79
	Jl. Bogor atas	88	1,62	82	0,94	42	0,54
	Veteran	69	0,74	69	0,74	54	0,79
	Keseimbangan Waktu antri	24		20		13	
	Rata-rata Derajat kejenuhan		1,11		0,725		0,6775

Berdasarkan Tabel 4.48 menunjukkan bahwa skenario terbaik yang terpilih untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan adalah dengan melakukan penerapan 2 fase di persimpangan Bogor Veteran dengan durasi waktu hijau 51 detik, kuning 3 detik, dan merah 42 detik untuk fase 1 (ruas jalan Bogor Atas dan Bogor Bawah) dan durasi waktu hijau 39 detik, kuning 3 detik, dan merah 54 detik untuk fase 2 (ruas Jl. Bandung dan ruas Jl. Veteran). Pemilihan skenario dengan menerapkan 2 fase di persimpangan Bogor Veteran adalah berdasarkan perbandingan maksimum *waiting time* antara model *existing*, model perbaikan belok kiri langsung, dan model perbaikan penerapan 2 fase, maksimum *waiting time* dari rekomendasi penerapan skenario 2 fase memiliki nilai maksimum yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai maksimum *waiting time* model *existing* dan model pengaturan belok kiri langsung. Kemudian, faktor keseimbangan waktu antri penerapan 2 fase menunjukkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan model *existing* dan model pengaturan belok kiri langsung, artinya tidak adanya selisih antara waktu antri maksimum suatu ruas jalan dengan waktu antri maksimum di semua ruas jalan lainnya. Selain itu, nilai derajat kejenuhan rekomendasi penerapan 2 fase pada setiap ruas jalan dan rata-rata nilai derajat kejenuhan pada persimpangan Bogor Veteran menunjukkan nilai berada dibawah serta

masih berada tidak jauh dari nilai derajat kejenuhan yang diharapkan sesuai MKJI (manual kapasitas jalan Indonesia) yaitu 0,75.

4.9.3.2 Pemilihan Skenario Terbaik Persimpangan Bogor Veteran Saat Siang Hari

Tabel 4. 49 merupakan rangkuman maksimum *waiting time* dan derajat kejenuhan dari model *existing* dan model rancangan skenario yang sudah dilakukan pada persimpangan bogoor veteran saat siang hari.

Tabel 4.49 Rangkuman Rekomendasi Perbaikan Pada Persimpangan Bogor Veteran Siang Hari

Waktu	Ruas Jalan	Existing		Skenarion pengaturan belok kiri langsung		Skenario penerapan 2 fase	
		Maksimum <i>Waiting time</i> (detik)	Derajat Kejenuhan	Maksimum <i>Waiting time</i> (detik)	Derajat Kejenuhan	Maksimum <i>Waiting time</i> (detik)	Derajat Kejenuh
Siang	Jl. Bandung	70	0,76	70	0,66	67	0,70
	Jl. Bogor bawah	62	1,24	62	0,48	40	0,81
	Jl. Bogor atas	87	1,24	83	1,00	42	0,27
	Veteran	70	0,88	70	0,88	66	0,81
	Keseimbangan Waktu antri	24		21		26	
	Rata-rata Derajat kejenuhan		1,03		0,755		0,6475

Berdasarkan Tabel 4.49 menunjukkan bahwa skenario terbaik yang terpilih untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan pada siang hari adalah dengan melakukan penerapan 2 fase di persimpangan Bogor Veteran dengan durasi waktu hijau 63 detik, kuning 3 detik, dan merah 40 detik untuk fase 1 (ruas jalan Bogor Atas dan Bogor Bawah) dan durasi waktu hijau 37 detik, kuning 3 detik, dan merah 66 detik untuk fase 2 (ruas Jl. Bandung dan ruas Jl. Veteran). Pemilihan skenario dengan menerapkan 2 fase di persimpangan Bogor Veteran adalah berdasarkan perbandingan maksimum *waiting time* antara model *existing*, model perbaikan belok kiri langsung, dan model perbaikan penerapan 2 fase, maksimum *waiting time* dari rekomendasi penerapan skenario 2 fase memiliki nilai maksimum yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai maksimum *waiting time* model *existing* dan model pengaturan belok kiri langsung, walaupun pada skenario ini memiliki keseimbangan waktu antri yang lebih besar dibandingkan dengan skenario belok kiri langsung. Nilai derajat kejenuhan rekomendasi penerapan 2 fase pada setiap ruas jalan dan rata-rata nilai derajat kejenuhan pada persimpangan Bogor Veteran menunjukkan nilai berada dibawah serta masih berada tidak jauh dari nilai derajat kejenuhan yang diharapkan sesuai MKJI (manual kapasitas jalan Indonesia) yaitu 0,75.

4.9.3.3 Pemilihan Skenario Terbaik Persimpangan Bogor Veteran Saat Sore Hari

Tabel 4. 50 merupakan rangkuman maksimum *waiting time* dan derajat kejenuhan dari model *existing* dan model rancangan skenario yang sudah dilakukan pada persimpangan bogoor veteran saat sore hari.

Tabel 4.50 Rangkuman Rekomendasi Perbaikan Pada Persimpangan Bogor Veteran Sore Hari

Waktu	Ruas Jalan	Existing		Skenarion pengaturan belok kiri langsung		Skenario penerapan 2 fase	
		Maksimum <i>Waiting time</i> (detik)	Derajat Kejenuhan	Maksimum <i>Waiting time</i> (detik)	Derajat Kejenuhan	Maksimum <i>Waiting time</i> (detik)	Derajat Kejenuhan
Sore	JL. Bandung	70	0,62	69	0,59	81	0,44
	Jl. Bogor bawah	63	1,13	62	0,51	73	0,87
	Jl. Bogor atas	81	0,92	81	0,67	72	0,32
	Veteran	70	1,24	70	1,24	80	0,87
	Keseimbangan Waktu antri	18		19		9	
	Rata-rata Derajat kejenuhan		0,9775		0,7525		0,625

Berdasarkan Tabel 4.50 menunjukkan bahwa skenario terbaik yang terpilih untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan adalah dengan melakukan penerapan 2 fase di persimpangan Bogor Veteran dengan durasi waktu hijau 77 detik, kuning 3 detik, dan merah 73 detik untuk fase 1 (ruas jalan Bogor Atas dan Bogor Bawah) dan durasi waktu hijau 70 detik, kuning 3 detik, dan merah 80 detik untuk fase 2 (ruas Jl. Bandung dan ruas Jl. Veteran). Pemilihan skenario dengan menerapkan 2 fase di persimpangan Bogor Veteran disebabkan oleh walaupun nilai maksimum *waiting time* menunjukkan nilai paling besar dibandingkan skenario pengaturan belok kiri langsung namun berdasarkan nilai derajat kejenuhan setiap ruas jalan dan nilai rata-rata derajat kejenuhan di persimpangan Bogor Veteran menunjukkan nilai berada dibawah dan masih berada tidak jauh dari nilai derajat kejenuhan yang diharapkan sesuai MKJI (manual kapasitas jalan Indonesia) yaitu 0,75. Pada skenario pengaturan belok kiri langsung tidak terpilih karena menunjukkan nilai derajat kejenuhan yang tidak seimbang di salah satu ruas jalan. Dengan penerapan skenario belok kiri langsung, salah satu ruas jalan di persimpangan menunjukkan nilai melebihi 1 yaitu 1,24 bahkan nilai tersebut jauh dari nilai yang diharapkan yaitu 0,75.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB V PENUTUP

1.1 Kesimpulan

1. Pada penelitian ini melakukan 3(tiga) perancangan skenario perbaikan yang diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang ada di persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang dimana permasalahan yang terjadi adalah lamanya waktu tunggu antrian pada Persimpangan Bogor Veteran sehingga menyebabkan antrian yang panjang pada persimpangan ini. Perancangan skenario yang dilakukan adalah perbaikan durasi waktu sinyal, melakukan penerapan belok kiri langsung pada setiap ruas jalan yang terdapat di Persimpangan Bogor Veteran, dan melakukan pergantian fase pada persimpangan Bogor Veteran dari fase yang ada saat ini yaitu 3 (tiga) fase menjadi 2 (fase) sinyal. Kemudian melakukan perhitungan Derajat kejenuhan berdasarkan panduan dari MKJI menjadi salah satu faktor yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pemilihan skenario terbaik pada Persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang
2. Berdasarkan hasil dan analisis pembahasan pada masing-masing skenario perbaikan di persimpangan Bogor Veteran, maka didapatkan pemilihan skenario terbaik adalah sebagai berikut
 - a. Pemilihan skenario terbaik pada pagi hari pukul 06.10-07.10 WIB adalah dengan menerapkan perubahan fase yang ada saat ini yaitu 3 fase menjadi 2 fase sinyal. Karena dengan menerapkan perubahan menjadi 2 fase sinyal pada persimpangan Bogor Veteran memiliki maksimum waktu tunggu yang paling rendah yaitu pada ruas Jl. Bandung memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 55 detik, pada ruas Jl. Bogor Bawah memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 43 detik, pada ruas Jl. Bogor Atas memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 42 detik, dan pada ruas Jl. Veteran memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 54 detik. Selain itu dengan menerapkan perubahan fase menjadi 2 fase sinyal, pada persimpangan Bogor Veteran memiliki Keseimbangan Waktu antri yang lebih baik yaitu sebesar 13 detik dan derajat kejenuhan menunjukkan nilai berada dibawah serta masih berada tidak jauh dari nilai derajat kejenuhan yang diharapkan sesuai MKJI (manual kapasitas jalan Indonesia) yaitu 0,75.

- b. Pemilihan skenario terbaik pada siang hari pukul 11.50-12.50 WIB adalah dengan menerapkan perubahan fase yang ada saat ini yaitu 3 fase menjadi 2 fase sinyal. Karena dengan menerapkan perubahan menjadi 2 fase sinyal pada persimpangan Bogor Veteran memiliki maksimum waktu tunggu yang paling rendah yaitu pada ruas Jl. Bandung memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 67 detik, pada ruas Jl. Bogor Bawah memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 40 detik, pada ruas Jl. Bogor Atas memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 42 detik, dan pada ruas Jl. Veteran memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 66 detik. Selain itu walaupun dengan menerapkan perubahan fase menjadi 2 fase sinyal, pada persimpangan Bogor Veteran memiliki Keseimbangan Waktu antri yang terlalu tinggi yaitu sebesar 26 detik, namun derajat kejenuhan menunjukkan nilai berada dibawah serta masih berada tidak jauh dari nilai derajat kejenuhan yang diharapkan sesuai MKJI (manual kapasitas jalan Indonesia) yaitu 0,75.
- c. Pemilihan skenario terbaik pada sore hari pukul 16.10-17.10 WIB adalah dengan menerapkan perubahan fase yang ada saat ini yaitu 3 fase menjadi 2 fase sinyal. Karena dengan menerapkan perubahan menjadi 2 fase sinyal pada persimpangan Bogor Veteran walaupun memiliki maksimum waktu tunggu yang paling tinggi dibandingkan skenario pengaturan belok kiri langsung yaitu pada ruas Jl. Bandung memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 81 detik, pada ruas Jl. Bogor Bawah memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 73 detik, pada ruas Jl. Bogor Atas memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 72 detik, dan pada ruas Jl. Veteran memiliki maksimum waktu tunggu sebesar 80 detik. Namun, dengan menerapkan perubahan fase menjadi 2 fase sinyal, pada persimpangan Bogor Veteran memiliki Keseimbangan Waktu antri yang lebih baik yaitu sebesar 9 detik serta derajat kejenuhan yang menunjukkan nilai berada dibawah serta masih berada tidak jauh dari nilai derajat kejenuhan yang diharapkan sesuai MKJI (manual kapasitas jalan Indonesia) yaitu 0,75.

1.2 Saran

1. Untuk penelitian sejenis disarankan menggunakan kondisi persimpangan Bogor Veteran yang lebih rinci agar rekomendasi perbaikan yang diberikan dapat lebih optimal jika diterapkan di persimpangan Bogor Veteran, Kota Malang.

2. Untuk penelitian sejenis diharapkan memperhatikan juga keseimbangan waktu tunggu antrian kendaraan dan derajat kejenuhan yang diharapkan pada MKJI yaitu 0,75 agar rekomendasi dapat memperbaiki semua aspek yang berada di persimpangan Bogor Veteran.



Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

- Altiok, T. & Melamed, B. 2007. *Simulation Modeling and Analysis with Arena*. Academic Press.
- Banks, J., Carson, J. S. II, Nelson, B. L., & Nicol, D. M. 2004. *Discrete-Event System Simulation Fourth Edition*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Chung, Christoper. 2004. *Simulation Modeling Hand Book a Practical Approach*. New York: CRC Press.
- Djati, Bonett S. L. 2007. *Simulasi, Teori dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Andi.
- Direktorat Bina Jalan Kota. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesi*. Jakarta: SWEROAD.
- Harrel C., Ghosh, B. K., & Bowden, R. 2004. *Simulation Using Promodel Second Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Heizer, Jay, & Barry, Render. 2006. *Manajemen Operasi, Edisi tujuh*. Jakarta : Salemba Empat.
- Galán-García, J.L., Aguilera-Venegas, G., Rodríguez-Cielos, P. 2013. *An Accelerated-time Simulation for Traffic Flow in A Smart City*. Department of Applied Mathematics. Spain: University of Málaga
- Kelton, David, Sadowski, Randall, and Sadowski, Deborah. 1998. *Simulation with Arena*. New York: McGraww-Hill.
- Kelton, David, Sadowski, Randall, and Sadowski, Deborah. 2009. *Simulation with Arena Fifth Edition*. New Jersey: McGraw– Hill, Inc.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. 2000. *Simulation Modelling and Analysis Third Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Indrayana M. 2007. *Studi Pengaturan Lampu Lalu Lintas Perempatan Pingit Yogyakarta dengan Simulasi Arena*. Laporan Penelitian. Yogyakarta: Departemen Pendidikan Nasional Kantor Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah V Yogyakarta.
- Kamrani M., Abadi S. M. H. E., Golroudbary S. R. 2014. *Traffic simulation of two adjacent unsignalized T-junctions during rush hours using Arena software*. Malaysia: Department of Materials, Manufacturing and Industrial Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia (UTM).
- Nasution, M. N. 2008. *Manajemen Transportasi*. Bogor: Ghalia Indonesia.

Pegden, C. D., Shannon, R. E., & Sadowski, R. P. 1995. *Introduction to Simulation Using SIMAN*. Singapore: McGraw-Hill. University Syracuse, United States of America.

Tata Sutabri. 2012. *Analisis Sistem Informasi*. Yogyakarta: Andi.

Santoso, S. 2012. *Aplikasi SPSS pada Statistik Parametrik*. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo.

Sargent, R. G. 2010. *Verification and Validation of Simulation Models*.

Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Jakarta: Alfabeta.

Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

