

# **Aplikasi Simulasi Hubungan Antrian yang Terjadi Dan Penentuan Waktu Hidup Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan**

**Tjatur Kandaga, Elvina Tjahjadi**

Jurusan S1 Teknik Informatika

Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. Drg. Suria Sumantri no. 65 Bandung 40164

email: [tjatur.k@gmail.com](mailto:tjatur.k@gmail.com) , [elvina.tjahjadi@gmail.com](mailto:elvina.tjahjadi@gmail.com)

## *Abstract*

*Nowadays, there is a lot of vehicles on the roads making the roads more crowded every year. It causes traffic jams, especially on junctions and during peak hours. For example every morning when people start their activity, usually to go to work or to send their children to school and every evening when people going back home. It is those peak hours where the streets becomes very crowded.*

*This simulation can be used to determine the duration of the traffic lights in order to ease the congestions on street junctions. This node-signaling simulation is done using Webster method. It uses several factors that can be observed in actual situations, for instance the number of vehicles, the width of the road that can be used by vehicles and the dynamic amount of vehicles per hour.*

*This application can also simulate the interaction of traffic lights on several junctions, so the changes on the traffic lights for each phase can be orderly determined. This can help to reduce queuing time and congestion on street junctions.*

Keywords: *node signaling, traffic jams, street junctions, webster method.*

## **1. Pendahuluan**

Pada zaman sekarang ini, kendaraan di jalan raya semakin banyak dan kepadatannya pun semakin bertambah. Karena itu, sering menimbulkan kemacetan lalu lintas, terutama di persimpangan jalan dan di waktu sibuk. Misalnya pada pagi hari, saat banyak orang bepergian untuk memulai aktivitasnya (pergi bekerja ataupun mengantarkan anak ke sekolah) atau pada sore hari, pada saat orang pulang kerja. Pada waktu-waktu tersebut kepadatan di jalan raya akan meningkat secara berarti.

Karena pada persimpangan merupakan pusat terjadinya kemacetan di jalan raya, maka dengan adanya simpang bersinyal diharapkan dapat mengurangi kemacetan yang terjadi pada suatu persimpangan, dan mengendalikan penyebaran kendaraan pada persimpangan.

Simulasi ini dapat digunakan untuk menentukan lamanya lampu lalu lintas hidup agar penumpukkan kendaraan tidak terlalu padat pada setiap ruas jalan dalam suatu persimpangan.

Aplikasi ini juga dapat mensimulasikan interaksi lampu lalu lintas yang terdapat dalam suatu persimpangan, sehingga tercipta komunikasi pertukaran data antar lampu lalu lintas tersebut. Data yang dikomunikasikan adalah berapa banyak kendaraan pada ruas jalan tersebut, sehingga dapat ditentukan urutan pergiliran menyalanya lampu, dan berapa lama lampu lalu lintas tersebut harus menyala.

## **2. Metodologi Pengembangan Aplikasi**

Arus lalu lintas adalah suatu fenomena yang kompleks. Karena cukup dengan mengamati sepiintas saja ketika kita sedang berada di jalan, kita dapat mengetahui bahwa pada saat arus lalu lintas meningkat, umumnya kecepatan akan menurun. Kecepatan juga akan menurun ketika kendaraan cenderung berkumpul menjadi satu, tidak tergantung apapun penyebabnya.

Arus lalu lintas adalah sebuah proses *stokastik*, dengan variasi – variasi acak dalam hal karakteristik kendaraan dan karakteristik pengemudi serta interaksi di antara keduanya. Metode model *stokastik* ini memperhitungkan berbagai variasi diantara hasil – hasil yang mungkin, bukan hanya hasil rata-rata

Persimpangan adalah titik pada jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan dimana lintasan-lintasan kendaraan saling berpotongan. Persimpangan merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya di daerah perkotaan.

Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap terjadinya kecelakaan karena disini merupakan tempat terjadinya konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki.

## **3. Landasan Teori**

### **3.1. Lampu Lalu Lintas**

Satu metode yang paling penting dan efektif untuk mengatur lalu lintas di persimpangan adalah dengan menggunakan lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas adalah sebuah alat elektrik (dengan system pengaturan waktu) yang memberikan hak jalan (pada saat lampu menyala warna hijau) pada satu arus lalu lintas atau lebih sehingga aliran lalu lintas ini bisa melewati persimpangan dengan aman dan efisien. Lampu lalu lintas sesuai untuk :

1. Penundaan berlebihan pada rambu berhenti dan rambu pengendali kecepatan.
2. Masalah yang timbul akibat tikungan jalan.
3. Tabrakan sudut sisi.
4. Kecelakaan pejalan kaki.

Secara umum, lampu lalu lintas dipasang pada suatu persimpangan berdasarkan alasan spesifik berikut :

1. Untuk meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan.
2. Untuk mengurangi waktu tempuh rata-rata di sebuah persimpangan, sehingga meningkatkan kapasitas.

3. Untuk menyeimbangkan kualitas pelayanan di seluruh aliran lalu lintas.

Desain lampu lalu lintas yang buruk dapat meningkatkan frekuensi kecelakaan, penundaan yang lama bagi kendaraan saat mendekati persimpangan, memaksa kendaraan untuk mengambil rute memutar, dan membuat pengemudi marah.

Keuntungan dengan merancang lampu lalu lintas yang benar pada persimpangan:

1. Mengurangi frekuensi tipe kecelakaan tertentu, khususnya kecelakaan tipe sudut kanan.
2. Menghasilkan pergerakan lalu lintas yang teratur.
3. Menyediakan arus yang *continue* bagi iring-iringan kendaraan melalui koordinasi yang memadai pada kecepatan tertentu di rute tertentu.
4. Memungkinkan kendaraan dan pejalan kaki untuk melintasi lalu lintas yang sangat ramai.
5. Pengendalian lalu lintas menjadi lebih ekonomis dibandingkan metode manual.

Kerugian memasang lampu lalu lintas yang buruk pada persimpangan :

1. Meningkatkan frekuensi kecelakaan.
2. Penundaan yang terlalu lama.
3. Pelanggaran lampu lalu lintas.
4. Perjalanan memutar melalui rute yang lebih jauh.

### **3.2. Jenis Lampu Lalu Lintas**

Umumnya terdapat tiga jenis lampu lalu lintas yang tersedia dengan karakteristik sebagai berikut :

1. Prawaktu
  - Waktu-waktu dan fase-fase ditetapkan sebelumnya.
  - Panjang siklus konstan.
  - Sederhana dan murah.
  - Kurang efisien untuk kebutuhan yang berubah-ubah naik-turun.
  - Efektif untuk system lalu lintas progresif.
  - Dapat dioperasikan pada rencana perwaktuan yang berbeda.
2. Semi Aktuasi
  - Detektor kendaraan berada pada jalan minor.
  - Lampu hijau selalu pada jalan utama kecuali terjadi aktuasi pada jalan minor.
  - Biasanya dengan rencana dua fase.
  - Panjang siklus kadang-kadang beragam dari siklus ke siklus.
  - Bagus untuk kebutuhan jalur lambat sedang.
  - Biasanya dipasang apabila terjadi celah yang tidak cukup pada arus utamanya.
  - Dapat digunakan pada keseluruhan sistem lampu lalu lintas progresif.
3. Aktuasi Penuh
  - Detektor kendaraan pada semua cabang.
  - Setiap fase diberi waktu hijau minimum dan maksimum.

- Sebagian fase “dilangkahi” jika kebutuhan tidak terdeteksi.
- Pengakhiran fase terjadi apabila tidak ada aktuasi lebih lanjut dalam selang waktu tertentu atau apabila waktu hijau maksimum telah tercapai.
- Panjang siklus yang beragam.
- Bentuk kendali lampu lalu lintas yang paling luwes.
- Penggunaan yang paling efisien untuk waktu hijau yang tersedia.
- Dapat digunakan pada persimpangan tersendiri yang tidak dikoordinasikan dengan lampu lalu lintas lainnya.
- Dapat digunakan dalam sistem lampu lalu lintas progresif.

Dibutuhkan semacam koordinasi lampu lalu lintas pada jalan-jalan utama yang memiliki sejumlah jalan yang saling bersimpangan agar kendaraan dapat melintas tanpa berhenti di setiap persimpangan. Lampu lalu lintas dapat dikoordinasikan dalam beberapa cara :

- **Sistem Simultan**  
Dalam teknik ini, seluruh lampu lalu lintas di sepanjang bagian jalan yang dikoordinasi menampilkan aspek yang sama kepada aliran lalu lintas yang sama pada waktu yang sama. Sistem ini mengurangi kapasitas dan cenderung untuk mendorong lalu lintas sebanyak mungkin. Sistem ini dapat diterapkan dengan baik jika blok-blok kotanya pendek. Apabila jumlah kendaraan yang berbelok tidak banyak, akan diperoleh keuntungan-keuntungan bagi pejalan kaki. Dapat digunakan juga semacam alat pengendali setempat yang aktif bila ada kendaraan yang lewat, tetapi sebuah pengontrol utama menjaga seluruh pengontrol local tetap selaras dan menerapkan waktu siklus yang sama.
- **Sistem Alternatif**  
Dalam sistem ini, lampu lalu lintas alternative atau kelompok lalu lintas menunjukkan tanda yang berlawanan pada waktu yang sama, berarti bahwa jika sebuah kendaraan melintasi jarak antara dua persimpangan dalam waktu setengah siklus, maka kendaraan tersebut tidak perlu berhenti. Waktu siklus harus sama untuk seluruh lampu lalu lintas, sehingga kecepatan pergerakan selalu konstan.
- **Sistem Progresif**  
Terdapat dua jenis sistem progresif yang digunakan. Dalam sistem progresif sederhana, berbagai muka sinyal yang mengendalikan suatu jalan, menampilkan warna hijau sesuai dengan jadwal waktu untuk tetap menjaga agar iring-iringan kendaraan tetap dapat bergerak pada kecepatan yang telah direncanakan. Pada sistem progresif fleksible, interval waktu pada lampu lalu lintas dapat disesuaikan secara independent tergantung persyaratan lalu lintas dan di mana warna hijau pada setiap lampu lalu lintas dapat saja menyala secara roceduret pada saat yang akan memberikan efisiensi maksimum. Pengendali utama tetap menjaga pengendali lokal, yang bisa saja waktu tetap atau diaktuisi kendaraan, agar tetap dalam harmoni.

### **3.3. Rencana Fase**

Kendali dua fase merupakan kendali yang paling lazim digunakan. Kendali banyak fase baru digunakan apabila satu atau lebih belok kiri atau kanan terbukti membutuhkan fase yang dilindungi.

Rencana tiga fase menunjukkan dimana fase belok kiri khusus disediakan untuk pergerakan belok kiri pada jalan utamanya. Kemudian fase ini diikuti oleh fase lurus dan belok kanan untuk jalan utama, yang selama itu belok kiri juga dapat diperbolehkan berdasarkan keadaan. Rencana empat fase jika kedua jalannya membutuhkan fase belok kiri.

Beberapa prinsip dasar untuk mengurangi kemacetan :

- Kebutuhan lalu lintas tidak diperkenankan melebihi kapasitas jalan raya, bahkan untuk selang waktu yang terpendek sekalipun.
- Volume lalu lintas desain per lajur tidak diperkenankan melebihi suatu tingkat di mana pada tingkat tersebut lalu lintas masih dapat membebaskan diri dari antrian panjang.
- Pengguna kendaraan harus diberikan sedikit keleluasaan dalam menentukan kecepatan (kecepatan bisa saja dipengaruhi karena panjang perjalanan).
- Kondisi operasional harus menyediakan sedikit banyak kebebasan dari tekanan bagi pengemudi, yang disesuaikan dengan panjang dan durasi perjalanan.
- Terdapat batasan – batasan praktis dari suatu jalan tol yang ideal.
- Perilaku pengguna kendaraan terhadap kondisi operasional yang buruk dipengaruhi oleh kesadaran mereka akan biaya pembangunan dan biaya daerah milik jalan yang dibutuhkan untuk menentukan tingkat pelayanan.

### **3.4. Teori Webster**

*Webster* menggunakan pengamatan lapangan yang ekstensif dan simulasi komputer untuk menghasilkan prosedur yang sangat baik dalam mendesain lampu lalu lintas. Asumsi dasar dalam pekerjaan *Webster* adalah bahwa kedatangan kendaraan terjadi secara acak. *Webster* mengembangkan persamaan klasik untuk menghitung penundaan rata-rata per kendaraan ketika mendekati persimpangan, dan juga menurunkan sebuah persamaan untuk memperoleh waktu siklus optimum yang menghasilkan penundaan kendaraan minimum.

*Webster* menggunakan terminologi yang membutuhkan beberapa faktor dasar untuk menentukan perhitungan yang menggunakan metode *Webster*. Faktor yang dibutuhkan untuk perhitungan menggunakan metode *Webster* adalah :

#### **1. Arus Jenuh**

Sebuah studi tentang bergeraknya kendaraan melewati garis berhenti di sebuah persimpangan menunjukkan bahwa ketika lampu hijau mulai menyala, kendaraan membutuhkan waktu beberapa saat untuk mulai bergerak dan melakukan percepatan menuju kecepatan normal, tetapi setelah beberapa detik, antrian kendaraan mulai bergerak pada percepatan konstan.

#### **2. $q_s$ (Volume kendaraan yang masuk)**

Jumlah kendaraan yang masuk pada suatu ruas persimpangan dalam satu satuan batas waktu. Yang sudah dikalikan dengan koefisien masing – masing sesuai dengan jenis kendaraan yang melewati ruas simpang tersebut.

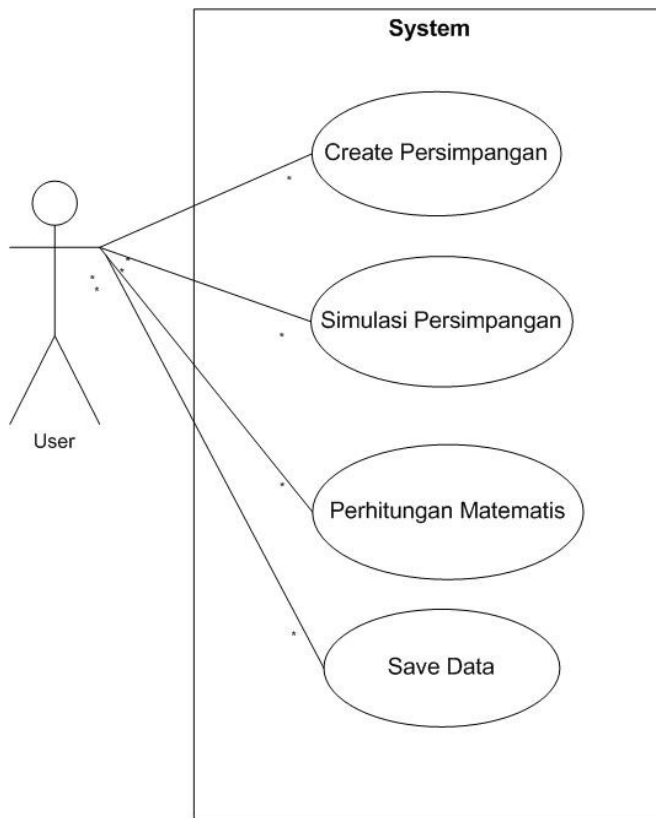
3. Waktu Hilang

Selisih antara waktu hijau efektif dengan periode gabungan hijau dan kuning.

**4. Analisis dan Desain Sistem**

Aplikasi yang dikembangkan untuk penyelesaian permasalahan ini memiliki desain use case seperti dapat dilihat pada gambar 1.

Pada aplikasi simpang bersinyal ini pengguna dapat membuat persimpangan dan menghitung lamanya waktu hidup lampu lalu lintas merah dan hijau, serta menentukan jumlah penumpukkan yang terjadi. Lalu pengguna dapat menyimpan hasil perhitungan tersebut ke dalam file \*.txt, sehingga pengguna dapat membandingkan hasil perhitungan dan mencari nilai terbaik.



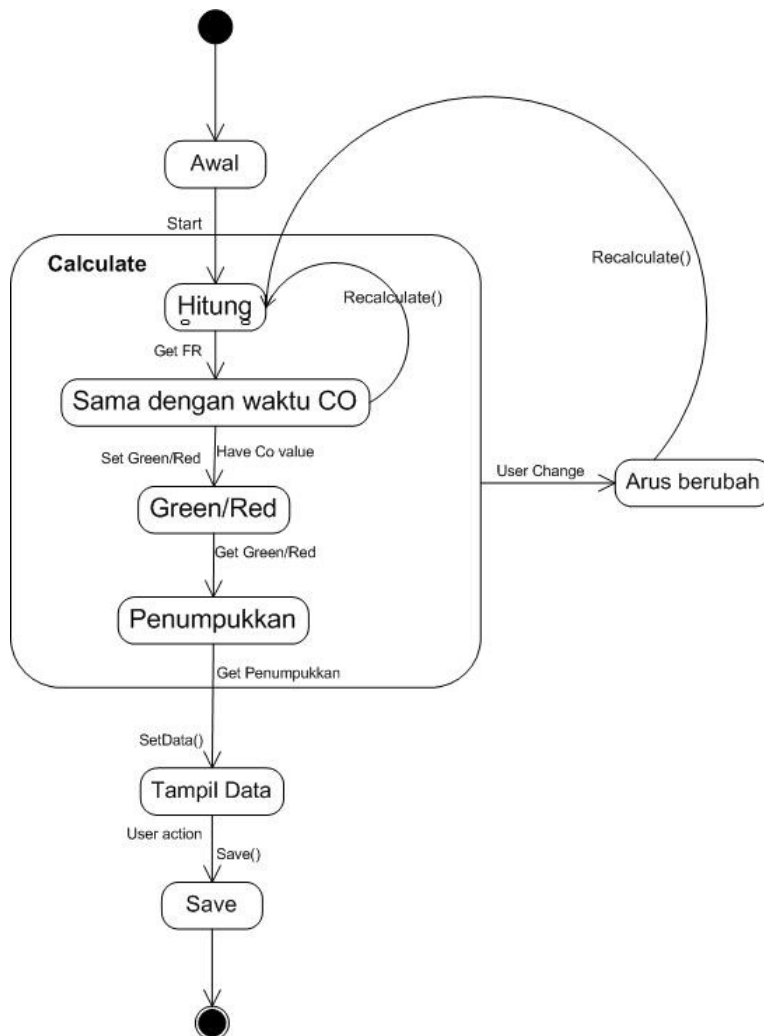
Gambar 27 Use Case Aplikasi Simulasi

Pada state diagram di gambar 2 dijelaskan rincian jalannya simulasi simpang bersinyal yang akan dibuat untuk menentukan lamanya waktu hidup lampu hijau dan merah pada suatu persimpangan dan pengaruhnya terhadap jumlah penumpukkan pada satu ruas persimpangan.

Simulasi ini dapat membantu user menentukan lamanya waktu hidup lampu lalu lintas yang efisien pada persimpangan jalan. Dengan cara memberlakukan aturan – aturan yang berlaku di Indonesia terutama pada aturan jalan raya.

Simulasi ini dikhususkan pada proses perhitungan menggunakan metode jalan raya yaitu Webster. Dengan beberapa pendekatan yang disesuaikan dengan keadaan persimpangan jalan di Indonesia.

Untuk proses perhitungan tersebut user harus mendefinisikan persimpangan yang akan dihitung dan mengisikan sejumlah inputan data yang akan digunakan pada proses perhitungan. Setelah semua inputan user diperiksa maka simulasi simpang bersinyal ini akan menghitung lamanya waktu hidup untuk lampu hijau dan merah beserta dengan penumpukkan yang akan terjadi. Setelah semua proses perhitungan selesai maka simulasi ini akan menampilkan hasil yang terbaik dan akan berjalan terus menerus hingga user memberikan perintah berhenti.

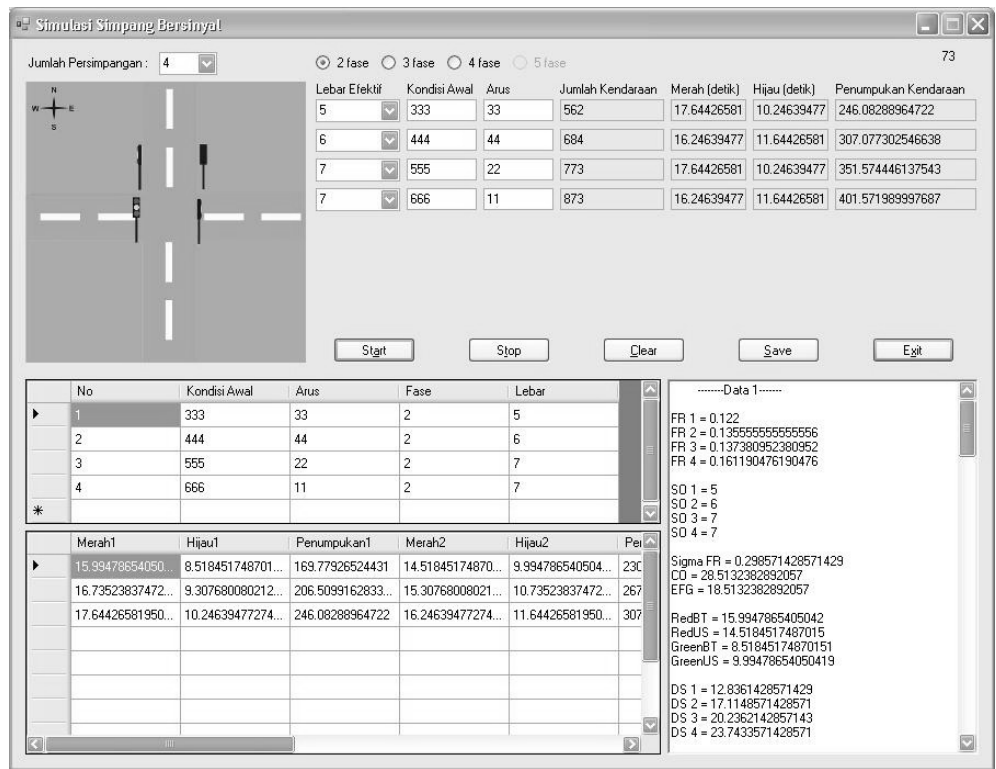


Gambar 28 State Diagram

Untuk menyimpan hasil dari perhitungan tersebut maka sistem akan menyimpan hasil tersebut ke dalam file text yang berformat \*.txt.

### 5. Perancangan dan Implementasi

Contoh tampilan dari aplikasi simulasi simpang bersinyal yang berhasil dikembangkan adalah seperti pada gambar 3.



Gambar 3 Tampilan hasil perhitungan simpang bersinyal

Untuk menjalankan *button Start* ini menggunakan prosedur *Calculate()* dan *Recalculate()* untuk menghitung ulang setiap kali mencapai waktu *Co* hingga user memberhentikan proses simulasi hitung ini.

Proses terjadinya penghitungan 2 fase lampu lalu lintas :

- Untuk setiap cabang persimpangan, dihitung arus jenuhnya.
- Untuk setiap cabang persimpangan, hitunglah volume jam sibuk dalam lalu lintas kombinasi dengan persen komposisi dan persen tikungan yang diketahui; bagilah dengan faktor jam sibuk; konversikan ke volume desain kendaraan penumpang yang berjalan lurus per jam menggunakan koefisien perkiraan.
- Untuk setiap persimpangan, hitunglah perbandingan fr. Untuk tiap jalan, pilihlah nilai FR yang lebih besar untuk desain.
- Setelah di dapat Fr yang terbesar dari persimpangan yang dibandingkan, maka nilai kedua Fr yang terbesar itu dijumlahkan menjadi sigma FR.
- Hitung kedua periode antar lampu hijau.



- Hitung waktu siklus per fase.
- Pisahkan waktu hijau efektif yang tersedia pada kedua fase.
- Periksa apakah jumlah minimum menyalanya lampu hijau yang didapat memenuhi syarat. Jika tidak, lakukan penyesuaian dengan menaikkan nilai.
- Setelah diketahui lamanya waktu hidup lampu merah dan hijau maka akan dihitung jumlah penumpukkan yang terjadi pada persimpangan tersebut.
- Untuk menentukan jumlah lajur adalah lebar jalan efektif dibagi 3. Karena diasumsikan lebar lajur kendaraan ringan adalah 3 meter.
- Untuk penumpukkan dihitung berdasarkan antrian terpanjang pada setiap lajur.

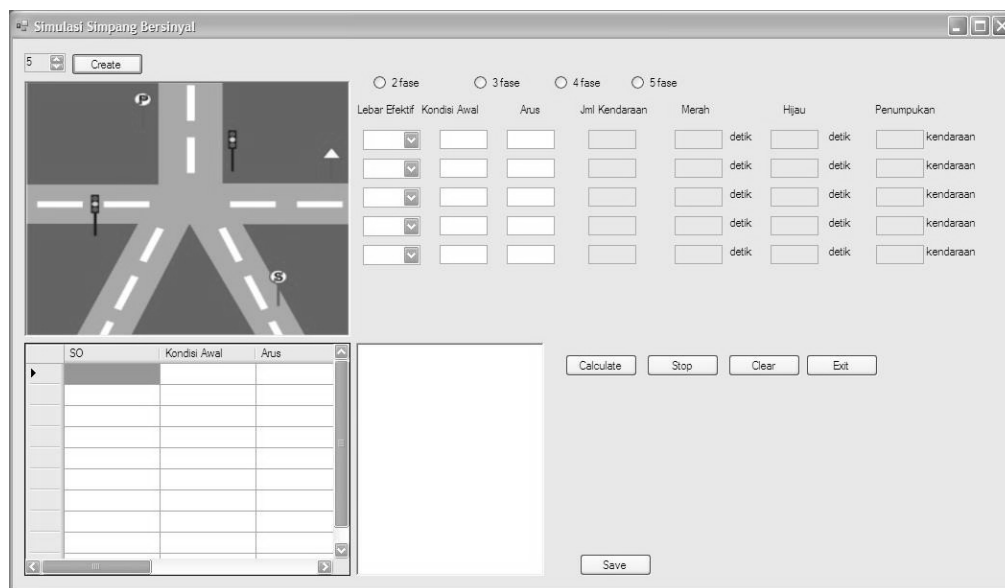
Jika dipilih jumlah persimpangan yang lain, maka tampilan program akan menyesuaikan seperti contoh pada gambar 4 dan gambar 5.

Lebar Efektif	Kondisi Awal	Arus	Jml Kendaraan	Merah	Hijau	Penumpukkan
3600	1200	33	1244	55.4357 detik	37.0295 detik	569.807 kendaraan
3000	1300	44	1355	44.0295 detik	48.4357 detik	625.303 kendaraan
4800	1400	55	1466	55.4357 detik	37.0295 detik	680.800 kendaraan

SO	Kondisi Awal	Arus	Jml Kendaraan	Merah	Hijau	Penumpukkan
3600	1200	33	1244	55.43579559778...	37.02959819696...	569.8073627618...
3600	1200	33	1235	55.43579559778...	37.02959819696...	569.8073627618...
3600	1200	33	1236	55.43579559778...	37.02959819696...	569.8073627618...
3600	1200	33	1237	55.43579559778...	37.02959819696...	569.8073627618...
3600	1200	33	1238	55.43579559778...	37.02959819696...	569.8073627618...
3600	1200	33	1239	55.43579559778...	37.02959819696...	569.8073627618...
3600	1200	33	1240	55.43579559778...	37.02959819696...	569.8073627618...
3600	1200	33	1241	55.43579559778...	37.02959819696...	569.8073627618...
3600	1200	33	1242	55.43579559778...	37.02959819696...	569.8073627618...
3600	1200	33	1243	55.43579559778...	37.02959819696...	569.8073627618...

Gambar 4 Tampilan simpang 3



Gambar 5 Tampilan simpang 5

## 6. Evaluasi Sistem

Pengujian dilakukan dengan cara menggunakan *breakpoint* pada setiap method sehingga dapat diketahui hasilnya. Hal ini dilakukan baik saat validasi *input user*, eksekusi perhitungan simpang bersinyal hingga penampilan data kembali pada object dinamis berjalan dengan baik. Pada pengujian ini, semua method telah berjalan dengan baik, sesuai dengan yang diharapkan. Sistem juga sudah berjalan dengan baik, semua fungsi yang dibuat dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Dan perhitungan simulasi pun sudah sesuai dengan algoritma perhitungan yang disesuaikan dengan keadaan lalu lintas yang sebenarnya.

## 7. Kesimpulan

Dari proses simulasi program ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk menentukan lamanya waktu hidup lampu hijau dan merah pada suatu simpang bersinyal ditentukan dari lebarnya jalan yang ada pada suatu ruas jalan dan kepadatan jalan tersebut. Dengan perbedaan lama waktu hidup lampu merah dan hijau juga berpengaruh pada penumpukkan yang terjadi. Karena jumlah kendaraan yang keluar dan jumlah kendaraan yang masuk selama waktu siklus antar hijau terkadang tidak seimbang. Sehingga menyebabkan penumpukkan yang panjang. Dan waktu tunda yang tidak sedikit.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa perencanaan yang baik dan optimal sangat diperlukan untuk proses pembuatan aplikasi dan pembuatan jalan raya bersimpang. Selain itu kondisi jalan dan jumlah fase yang diterapkan pada persimpangan tersebut sangat mempengaruhi kejenuhan dan kelancaran arus pada persimpangan tersebut. Dapat mencari waktu terbaik untuk waktu hidup lampu lalu lintas dengan

mencoba kemungkinan fase yang tersedia. Sehingga data yang didapat lebih efektif untuk diterapkan dilapangan.

### **Daftar Pustaka**

- [AAS01] AASHTO(2001).”*A Policy On Geometric Design Of highway And Streets*”,New York.
- [Boo99] Booch,Grady, James Rumbough dan Ivar Jacobson(1999),”*The Unified Modeling Language User Guide*”,Addison Wesley Longman,Inc.
- [Dav05] Davis, Randy Stephen dan Chuck Sphar (2005),” *C# 2005 for Dummies*”, Willey Pubhlishing. Inc.
- [Dir97] Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum RI (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta.
- [Khi03] Khisty, Jotin. C dan B. Kent Lall (2003). *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi jilid 1 dan jilid 2*, Penerbit Erlangga, Ciracas, Jakarta.
- [Rog98] Roger P. Roess & William R McShane, (1998). *Traffic Engineering 2<sup>nd</sup> Edition*, Prentice Hall, New Jersey.
- [Tra94] Transportation Research Board, National Research Council (1994), *Highway Capacity Manual*, -, Washington, D.C.