

PENINGKATAN JARINGAN JALAN DALAM KAWASAN KAMPUS DENGAN MENGGUNAKAN METODA SIMULASI ANTRIAN

¹Syaifullah, ²Hasdi Radiles, ³M. Afdal, ⁴Eka Pandu Cynthia

^{1,3}Program Studi Sistem Informasi, ²Program Studi Teknik Elektro, ⁴Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau

Jl. HR Soebrantas KM.18 Panam Pekanbaru - Riau

Email: ¹dir_mpun@yahoo.com, ²hasdi99@gmail.com, ³m.afdal@uin-suska.ac.id, ⁴eka.pandu.cynthia@uin-suska.ac.id

ABSTRAK

Permasalahan kemacetan telah mulai mengganggu aktivitas civitas akademika di lingkungan UIN Suska Riau. Kajian yang komprehensif diperlukan untuk menjawab tantangan bagaimanakah meningkatkan kualitas jaringan jalan tersebut. Dengan menggunakan data survei, teori antrian kemudian digunakan untuk membangun model simulasi dalam memprediksi kondisi terkini dari kemacetan. Analisis dilakukan dengan menggunakan beberapa skenario untuk menguji usaha-usaha yang dapat dilakukan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa usaha pelebaran jalan musti dilakukan, mengingat tingkat pertumbuhan populasi telah membuat trafik menjadi jenuh. Kejenuhan trafik ini terlihat dari waktu antrian dalam sistem telah melewati durasi rata-rata 5 menit. Selain itu, peningkatan kualitas pengerasan jalan juga harus diperhatikan untuk mendapatkan kecepatan arus bebas 30 km/jam.

Kata kunci: Simulasi Antrian, Jaringan Jalan, Populasi Kampus, Tingkat Kejenuhan, Kecepatan Arus Bebas.

A. PENDAHULUAN

Salah satu prasarana penting sebagai penunjang kesuksesan kegiatan pendidikan di kampus adalah layanan jaringan jalan. Definisi dari jaringan jalan disini adalah satu kesatuan beberapa jalan dengan karakteristik yang berbeda dalam memberikan layanan sarana transportasi bagi penggunaannya. Jika prasarana ini memiliki layanan dibawah standar, seluruh proses kegiatan akademika seperti administrasi, perkuliahan dan kegiatan kemahasiswaan akan terganggu akibat kesulitan dalam akses.

Sebagai kampus yang memiliki visi “*World Class University*”, salah satu definisi kenyamanan dalam konteks ini adalah peluang terjadinya kemacetan. Di masa-masa kampus penuh dengan berbagai kegiatan baik kegiatan perkuliahan, kemahasiswaan ataupun kegiatan lainnya, istilah macet ini telah sering terjadi dan mulai mengkhawatirkan. Jika kondisi ini terbiarkan terus, boleh jadi pamor institusi akan menurun di mata masyarakat yang pada akhirnya tentu akan menggagalkan perwujudan visi kampus itu sendiri.

Salah satu pemicu tingginya peluang kemacetan adalah tingkat pertumbuhan populasi civitas akademika yang kurang seimbang dengan penambahan jaringan jalan yang telah dilakukan. Kekurang-seimbangan populasi terhadap layanan akses ini secara signifikan terjadi pada fakultas Sains dan Teknologi (FST), yang secara geografis dominan menggunakan akses melalui jalur belakang (buluh china). Padahal lintasan jalan buluh china tersebut dilatar-belakangi oleh tingginya aktivitas masyarakat dalam berbisnis, sehingga sangat mengganggu kelancaran arus lalu lintas pada jalanan yang sempit tersebut.

Analisis kemacetan di jalan raya, sebenarnya telah lama menjadi ranah penelitian di kalangan akademisi. Umumnya metoda yang digunakan adalah merujuk pada Manual Kajian Jalan Indonesia (MKJI), untuk melihat kelayakan jalan yang digunakan (Firdaus, 2012). Metoda yang sama juga telah digunakan untuk menganalisa jaringan jalan di kawasan kampus seperti pada penelitian (Kolinug, 2013) dan (kadir, 2015). Bahkan mereka juga menganalisa kemungkinan lain seperti model parkir seperti pada (Munawar, 2004), (Setiawan, 2009) dan (Saefullah, 2017). Meskipun rujukan MKJI dapat dipertanggung-jawabkan, tetapi metoda ini tidak dapat menggambarkan lebih detail tentang permasalahan kemacetan yang dialami oleh pengendara.

Salah satu implementasi teori antrian yang dapat menggambarkan karakteristik tersebut adalah dengan menggunakan teknik simulasi. Pengumpulan data di lapangan diperlukan untuk menyesuaikan penggunaan variabel dalam sistem lebih realistis. Sehingga prediksi simulasi dalam menggambarkan kemacetan dapat dilihat dengan jelas. Meskipun demikian, pembangunan sistem simulasi menjadi realistis merupakan suatu tantangan yang tidak mudah untuk dilakukan.

B. BAHAN PENELITIAN

B.1 Penelitian Terkait

Studi tentang kinerja jalan pada analisis bidang teknik sipil dan sejenisnya, umumnya menggunakan metoda yang terangkum dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Menurut Firdaus (2012), indeks tingkat pelayanan (ITP) jaringan jalan dapat dianalisis dengan melihat rasio volume terhadap kapasitas jalan (V/C), derajat kejenuhan dan

persentase kecepatan bebas. Untuk kapasitas jalan diukur dengan menggunakan satuan mobil penumpang (SMP). Metoda yang sama juga kemudian digunakan oleh Kolinug (2013) dan Kadir (2015), di mana lokasi penelitian dilakukan pada pada kawasan di dalam dan di sekitar kampus. Meskipun Munawar (2004) lebih dahulu melakukan analisis dengan metoda yang sama pada kawasan di dalam kampusnya (UGM), tetapi dia lebih fokus pada pemodelan prediksi parkir dan persentase penggunaan bus dalam kampus.

Selain menggunakan metoda MKJI, model antrian juga telah digunakan dalam merancang berbagai bentuk simulasi. Kandaga (2011) dalam penelitiannya di bidang infomatika berhasil membuat model simulasi untuk menganalisis penentuan durasi lampu lalu lintas, sehingga kondisi kemacetan pada persimpangan jalan dapat dikurangi. Dalam penelitiannya tersebut, teori antrian telah digunakannya sebagai landasan berfikir simulasi yang dibuatnya. Implementasi antrian tersebut kemudian menggunakan teori Webster di mana kedatangan kendaraan bersifat acak berdasarkan arus jenuh dan volume kendaran yang masuk ke sistem.

B.2 Dasar Pemikiran

B.2.1 Metode Kajian Jalan Di Indonesia

Mengingat kapasitas jalan bergantung dari kumulatif lalu lintas yang dilayaninya, data lalu lintas pada segmen jalan yang akan dikaji sangat dibutuhkan. Besarnya volume lalu lintas tersebut akan menentukan jumlah dan lebar lajur pada jalur jalan termasuk penentuan karakteristik geometris jalan tersebut. Adapun variasi jenis kendaraan yang dapat dilayani akan menentukan kelas beban (Muatan Sumbu Terberat – MST) yang berpengaruh pada perencanaan konstruksi pengerasan jalan. Dengan kata lain, ketika volume lalu lintas semakin tinggi, maka dibutuhkan jalan yang lebih lebar untuk menjamin kenyamanan dan keselamatan pengendara. Tetapi, perencanaan jalan yang terlalu lebar dari beban lalu lintas yang dilayaninya juga cenderung meningkatkan kecelakaan yang dapat terjadi.

Penentuan volume lalu lintas ini dapat menggunakan dua teknik yakni:

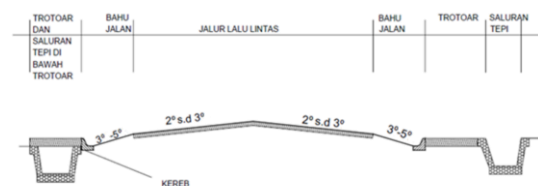
- a. Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR): Rata-rata volume lalu lintas harian yang dihitung dalam masa satu tahun dengan memisahkan jurusan, arah dan tujuan dari lalu lintas tersebut. Tetapi, untuk mendapatkan data survei yang dilakukan dalam masa satu tahun, tentu sangat mahal. Sehingga definisi LHR dapat dilakukan berdasarkan lamanya pengamatan yang dapat dilakukan. Pemilihan waktu pengamatan harus berdasarkan karakteristik fluktuasi dari lalu lintas tersebut dan dilakukan berulang kali

untuk mendapatkan akurasi dari populasi yang sedang diamati.

- b. Volume Jam Perencanaan (VJP): Rata-rata volume lalu lintas dalam masa satu jam pengamatan. Penggunaan teknik ini sangat cocok untuk perencanaan jalan pada lingkungan khusus seperti perkantoran dan kampus, dimana kepadatan volume kendaraan terjadi pada waktu-waktu tertentu. Hubungan antara LHR dan VJP ditentukan dengan nilai k kurang dari 15%, yaitu:

$$VJP = k \times LHR$$

Perencanaan kecepatan kendaraan dapat dilakukan pada setiap karakteristik segmen lintasan jalan yang akan dibangun, seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain sebagainya. Pada lintasan lurus lintasan maksimal yang dapat dicapai harus teruji dari faktor bahaya yang dapat terjadi. Hal ini dilakukan untuk memberikan rasa aman bagi pengendara untuk setiap bentuk geometric jalan dan cuaca serta biaya-biaya lain yang ditimbulkannya. Adapun komponen dari geometric jalan diperlihatkan oleh gambar 2.1.



Gambar 1. Geometrik jalan

Secara umum jalan dapat dibentuk menjadi beberapa jenis, seperti:

- 1 jalur – 2 lajur – 2 arah (2/2 Tidak terbagi)
- 1 jalur – 2 lajur – 1 arah (2/1 Tidak terbagi)
- 2 jalur – 4 lajur - 2 arah (4/2 terbagi)

B.2.2 Teori Antrian

Dalam teori antrian, terdapat tiga komponen sistem yang harus diperhatikan, yaitu populasi (*population*), sistem pelayanan (*service system*) dan status setelah pelayanan (*replacement state*).

Dalam simulasi sistem antrian, mode kedatangan ini dapat menggunakan distribusi yang bersifat acak seperti distribusi poisson atau bisa juga bersifat konstan. Dalam sistem distribusi poisson, jumlah kedatangan dalam satuan waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P(n, T) = \frac{(e^{-\lambda T}) (\lambda T)^n}{n!} \quad \forall n = 0, 1, 2, \dots$$

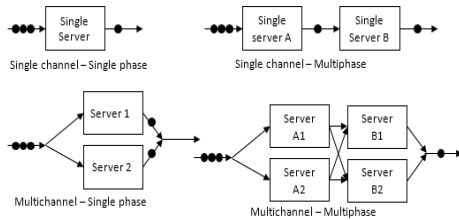
- λ : Rata-rata kedatangan persatuan waktu
 T : Periode waktu pengamatan
 n : Jumlah kedatangan dalam waktu T

$P(n, T)$: Probabilitas kedatangan n dalam waktu T .

Ketika proses kedatangan ini bersifat distribusi Poisson, maka secara statistik waktu antar kedatangan dapat dimodelkan sebagai distribusi eksponensial sebagai berikut:

$$P(T < t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad 0 \leq t \leq \infty$$

Mengingat banyaknya variasi dan model dan elemen yang dapat digunakan dalam mengkarakterisasi suatu sistem antrian, maka sistem tersebut dapat dituliskan secara khusus dengan menggunakan notasi Kendall. Secara umum, notasi ini menggunakan empat variabel dasar, yang disimbolkan dengan garis miring sebagai pemisahannya, yakni: [Arrival Time] / [Service time] / [Number of Server] / [Population limit]. Contoh penggunaan symbol antrian adalah seperti $M/M/1/\infty$, yang berarti model kedatangan poisson, model service exponential, jumlah server satu dengan batas populasi tak berhingga. Sedangkan bentuk antrian dapat menggunakan struktur antrian sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar berikut:



Gambar 2. Variasi model struktur antrian

B.3 Implementasi Model Simulator

Kemacetan atau iring-iringan kendaraan di suatu badan jalan, secara konsep dapat dipandang sebagai model antrian di jalan raya. Waktu pelayanan (service time) dapat dimodelkan sebagai waktu tempuh dari titik awal pengamatan menuju titik akhir tujuan atau titik putaran ke jalan lainnya. Untuk tingkat kemacetan yang beraturan (konstan), waktu pelayanan dapat dimodelkan secara statis, termasuk pada kondisi jalan bebas hambatan. Ketika suatu kendaraan telah memasuki awal titik pengamatan, maka jumlah kendaraan yang berada dibadan jalan sepanjang lintasan pengamatan dapat dimodelkan dalam status pelayanan yang parallel. Ketika kendaraan bergerak dalam mode satu lajur dan saling mengikuti (tanpa saling mendahului), model server parallel tersebut dapat bersifat FIFO (*First In First Out*) dalam bentuk *single server* sederhana. Dalam hal ini, waktu pelayanan dihitung sebagai durasi kendaraan tersebut meninggalkan titik akhir pengamatan, misalkan waktu yang dibutuhkan menunggu untuk pindah ke jalan lain akibat adanya arus kendaraan dari arah yang berlawanan.

C. METHODOLOGY PENELITIAN

C.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dirancang sebagai gabungan dari penelitian kuantitatif dan kualitatif, dimana

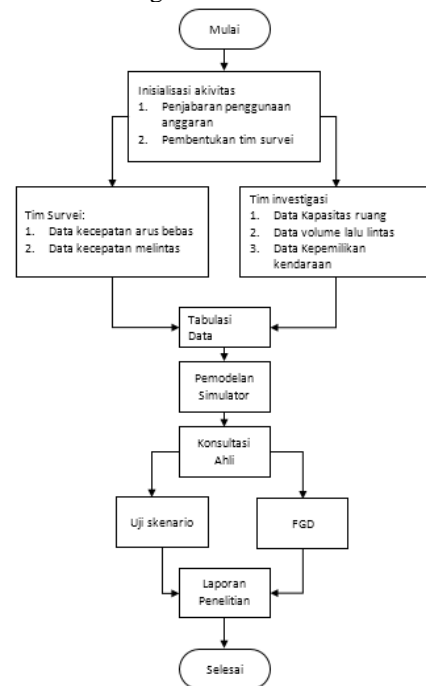
jenis-jenis data yang akan digunakan berupa angka dan bahasa-bahasa deskriptif. Maksud dari penggunaan data-data kuantitatif adalah sebagai masukan-masukan dalam membangun model dari sistem antrian yang akan digunakan. Sedangkan penggunaan data-data kualitatif adalah sebagai masukan pertimbangan alternative dalam melahirkan keputusan yang lebih rasional. Penelitian ini menggunakan data-data survei (*field research*), pengolahan data menggunakan sistem simulasi dari teori antrian (*lab research*), dan masukan dari hasil-hasil diskusi dengan menggunakan metoda FGD (*Focus Group Discussion*).

C.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Tempat pengambilan data penelitian dilakukan pada seluruh lingkungan UIN SUSKA Riau Panam, yang beralamatkan pada Jalan Soebrantas (Perbatasan Kota Pekanbaru). Pelaksanaan survei secara umum fokus pada seluruh jaringan jalan yang ada dalam kampus.

C.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian adalah urutan kegiatan yang akan dilakukan untuk melaksanakan penelitian, Kegiatan tersebut secara grafis diperlihatkan oleh gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Tahapan Penelitian

C.4 Metode Pengumpulan Data

C.4.1 Data Populasi

Data populasi didefinisikan sebagai jumlah kedatangan civitas akademika dikampus untuk setiap sesi perkuliahan.

C.4.2 Data Volume Lalu-lintas

Data volume lalu lintas diperoleh dari jumlah kedatangan mahasiswa dengan tujuan FST relative terhadap rasio kepemilikan kendaraan yang ada

C.4.3 Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas diuji dengan kondisi tanpa hambatan dari kendaraan lain, baik dari arah yang sama atau pun berlawanan.

C.4.4 Data Kecepatan Melintas

Definisi kecepatan melintas adalah waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk meneruskan perjalanan ke tujuan selanjutnya atau melintas ke arah FST.

C.5 Intrument Penelitian: Model Simulator

C.5.1 Model Kedatangan

Secara teori, model kedatangan pelanggan pada suatu sistem dapat dimodelkan sebagai distribusi poisson, di mana waktu antar kedatangan kendaraan terdistribusi eksponensial.

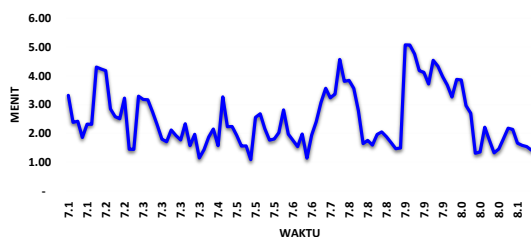
C.5.2 Model Waktu Pelayanan

Untuk waktu pelayanan, model yang digunakan adalah distribusi eksponensial di mana rata-rata pelayanan adalah μ , minimum pelayanan adalah μ_{min} dan maksimum pelayanan adalah μ_{max} .

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Analisa steady state

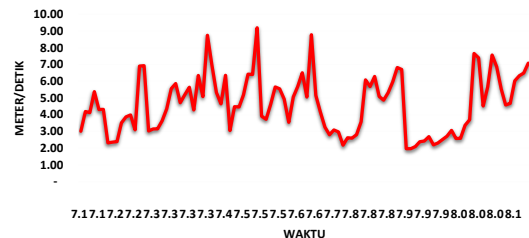
Untuk mengetahui keadaan yang setimbang (steady state) dari sistem pelayanan jalan kampus tersebut, maka dilakukan pengujian terhadap simulator untuk variasi akumulasi trafik dari 100 hingga 1000 kendaraan untuk satu jam simulasi. Asumsi yang digunakan dalam pengujian ini adalah 1% dari jumlah kendaraan berjenis mobil, dan sisanya adalah sepeda motor. Rata-rata durasi yang dibutuhkan untuk menempuh jarak 600 meter diinginkan sekitar 5 menit. Berikut ini keadaan awal sistem dengan jumlah kedatangan 100 pengendara sepeda motor dalam 1 jam, di mana waktu antar kedatangan adalah $3600 \text{ detik}/100 = 36 \text{ detik}$. Pergerakan waktu tunggu (waktu dalam sistem) pada kondisi ini diperlihatkan oleh gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Fluktuasi waktu sistem untuk akumulasi trafik 100 kendaraan

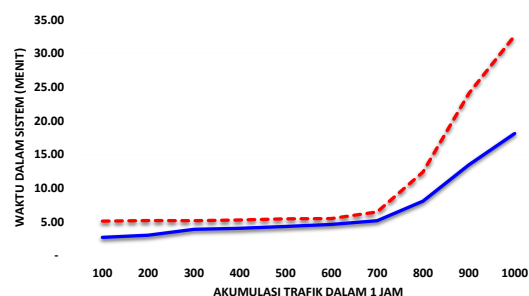
Dari skenario awal ini diperoleh informasi bahwa waktu tunggu rata-rata adalah 163 detik atau 2 menit 43 detik. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, waktu yang diperoleh dalam kecepatan bebas rata-rata 150 detik untuk mobil dan 123 detik untuk sepeda motor. Artinya, pengendara terhambat untuk mendapatkan kecepatan bebas secara

maksimum oleh kendaraan di depannya. Dalam simulasi ini, tidak terdapat kemungkinan untuk mendahului kendaraan yang lebih lambat, sehingga hasil diperoleh sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan arus bebas. Adapun profil kecepatan arus selama satu jam tersebut diperlihatkan oleh gambar 5 berikut.



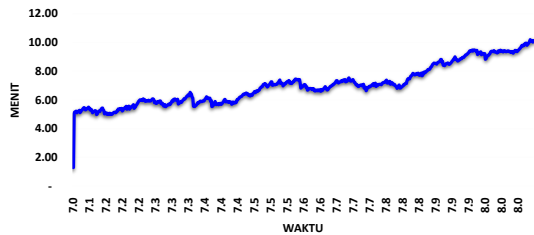
Gambar 5. Kecepatan kendaraan dalam sistem selama satu jam simulasi

Untuk menuntaskan lintasan sejauh 600 meter dalam 123 detik dibutuhkan kecepatan rata-rata sekitar 4.87 meter/detik. Berdasarkan gambar 5 kecepatan tersebut dapat tercapai, tergantung pada sifat acak dari kecepatan pengendara sebelumnya. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa kedatangan 100 kendaraan dalam satu jam masih tergolong sepi, dimana kecepatan arus bebas sering tercapai.

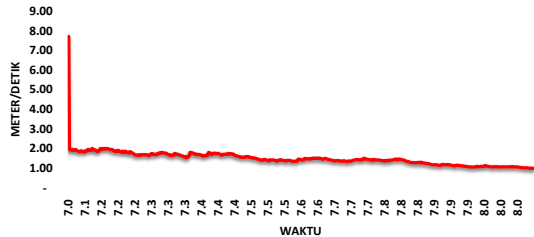


Gambar 6. Pertumbuhan waktu pengendara di dalam sistem untuk satu jam simulasi

Untuk mendapatkan situasi steady state, skenario penelitian dirancang dengan lompatan akumulasi trafik per-100 kendaraan, hingga mencapai 1000 kendaraan dalam satu jam. Disini, diperhatikan maksimum dan rata-rata waktu yang dihabiskan pengendara dalam sistem. Target yang diinginkan di sini adalah mendapatkan waktu sistem rata-rata sekitar 5 menit, sebagai titik acuan dari kemacetan. Dari gambar 6 terlihat bahwa peningkatan trafik pada jalan menyebabkan waktu rata-rata dalam antrian meningkat secara eksponensial setelah menembus akumulasi trafik 700 kendaraan. Meskipun terjadi peningkatan waktu sistem rata-rata sebelum arus mencapai 700 kendaraan, tetapi durasi maksimum cenderung stabil. Dalam hal ini kecepatan arus bebas sangat mempengaruhi kinerja pelayanan jalan.



Gambar 7. Profil waktu tunggu pengendara di dalam sistem untuk akumulasi trafik 700.



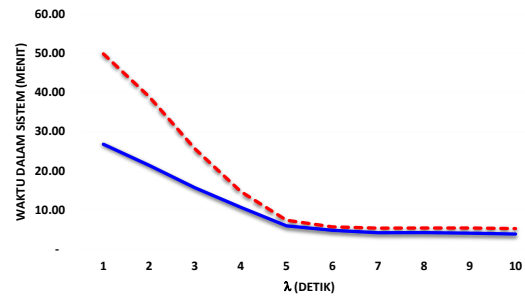
Gambar 8. Profil kecepatan pengendara di dalam sistem untuk akumulasi trafik 700

Sebagaimana skenario yang telah ditetapkan pada simulasi tersebut, 99% dari jumlah kendaraan adalah sepeda motor. Jika rasio kepemilikan sepeda motor mencapai 60%, maka civitas akademika yang melintas adalah sebanyak $700 \times 10/6 = 1167$ orang mahasiswa. Dengan memperhatikan hasil perhitungan populasi mahasiswa dalam satu kali sesi perkuliahan mencapai 1100 orang. Dengan kata lain, dengan penjadwalan ketat, dimana perkuliahan dimulai serentak akan menyebabkan kemacetan sekitar 5 – 6 menit untuk menempuh jarak 600 meter. Adapun profil dari waktu sistem dan kecepatan kendaraan dapat dilihat dari gambar 7 dan 8.

D.2 Analisa Karakteristik Jalan

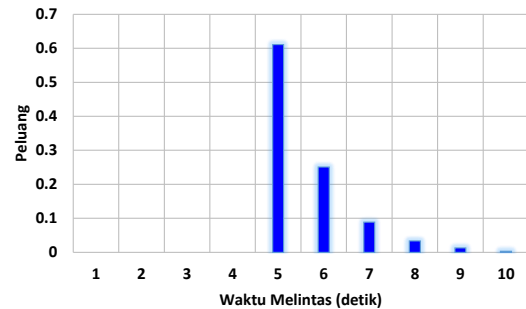
D.2.1 Pengaruh Lebar Jalan

Penyebab kemacetan ini, karena simulasi dirancang dengan sistem FIFO, di mana kendaraan yang sangat lambat akan menyebabkan kecepatan kendaraan yang lain pun ikut menurun. Dari pengamatan di lapangan, lebar jalan rata-rata dari portal buluh china menuju ke Fakultas Sains dan Teknologi adalah 4 meter. Menurut penelitian Nicholas (2012), kebutuhan lebar jalur untuk dua sepeda motor yang searah adalah 3.3 meter, dan untuk tiga sepeda motor dibutuhkan jarak 3.8 meter. Sedangkan untuk kategori jalan 4 lajur dengan dua arah tak terbagi adalah 5.5 – 7 meter. Dengan kata lain, jika kendaraan yang melintas didominasi oleh sepeda motor, maka dengan kondisi jalan sekarang, aksi untuk saling mendahului akan saling berebutan antara dua arah yang berlawanan. Inilah sebabnya dalam simulasi awal menggunakan sistem FIFO, di mana aksi saling mendahului tidak dimungkinkan.



Gambar 9. Kinerja maksimum dan rata-rata waktu sistem terhadap perubahan lamda

Tetapi ketika jalan dapat diperlebar hingga 7 meter di mana memungkinkan untuk 4 lajur dengan 2 jalur meski tanpa pembatas sekalipun, akan cenderung membagi jumlah trafik menjadi dua jalur pada jalur yang sama. Analogi pemodelannya adalah dengan membagi trafik menjadi dua, di mana salah satunya diperuntukkan bagi yang melintas lurus dan yang satunya lagi bagi yang melintas silang. Sehingga, dengan mensimulasikan trafik 700 kendaraan berarti setara dengan akumulasi trafik 1400 kendaraan secara simultan pada jalur yang sama. Dengan menggunakan parameter λ (lamda) sebagai waktu antar kedatangan kendaraan, maka rata-rata waktu dalam sistem terhadap lamda diperlihatkan pada gambar 10.



Gambar 10. Distribusi durasi pelayanan untuk kendaraan melintas

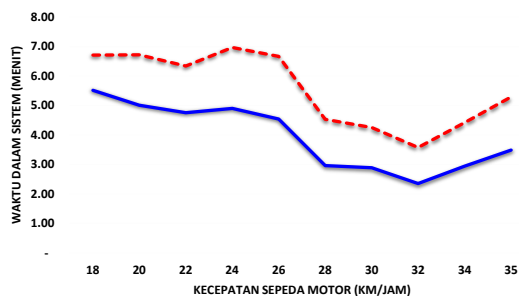
Berdasarkan grafik pada gambar 9, terlihat bahwa kondisi sistem relatif stabil untuk lamda lebih dari 5 detik untuk setiap lajur. Jumlah kendaraan yang berhasil disimulasikan dalam 1 jam mencapai 1400 kendaraan dengan waktu tunggu di dalam sistem kurang dari 6 menit. Dalam kondisi tersebut, kendaraan menempuh jarak secara beriringan, sehingga pengaruh kecepatan bebas hilang dalam sistem. Sehingga sistem hanya bergantung pada waktu pelayanan untuk kendaraan melintas di mana distribusi pelayanan untuk melintas ini diperlihatkan oleh gambar 10. Pada gambar tersebut terlihat bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan adalah 5 – 6 detik. Dengan perhitungan manual sistem dapat melayani jumlah kendaraan pada setiap lajur sekitar 700 kendaraan. Jadi semakin banyak lajur yang disediakan pada satu jalur, akan semakin berlipat

jumlah kendaraan yang dilayani untuk mendapatkan kinerja yang sama.

D.2.2 Pengaruh Kerataan Jalan

Untuk meningkatkan kinerja sistem antrian yakni mengurangi waktu tunggu bagi pengendara, salah satu pilihan adalah dengan mengurangi waktu pelayanan, khususnya pelayanan untuk melintas silang. Meskipun demikian pengaruh kerataan jalan disepanjang rute lintasan yang telah ditetapkan, juga berpengaruh pada kondisi arus bebas, di mana antrian tidak terputus saat terjadinya kemacetan. Distribusi layanan melintas yang diperlihatkan oleh gambar 10 adalah berdasarkan kondisi bebas, yaitu pengaruh dari arus lalu lintas yang berlawanan diabaikan. Dari gambar tersebut terlihat jelas bahwa kondisi melintas silang yang membutuhkan 5 – 10 detik dan merupakan pemodelan dari kerataan jalan itu sendiri.

Untuk melihat pengaruh dari kerataan jalan terhadap kinerja sistem, beberapa skenario dirancang berdasarkan perbedaan layanan rata-rata untuk jarak tempuh dan melintas jalan. Simulasi dijalankan hingga 700 pengendara dan kinerja sistem dinilai dari nilai maksimum dan rata-rata pengendara berada di dalam sistem. Dengan menggunakan pola kedatangan $\lambda=5$ detik dan kecepatan sepeda motor bervariasi dari 20 km/jam sampai dengan 35 km/jam, hasil kinerja sistem diperlihatkan oleh gambar 11 berikut.



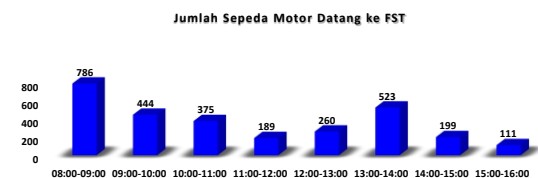
Gambar 11. Pengaruh variasi kecepatan rata-rata sepeda motor pada simulasi lamda = 5

Berdasarkan hasil survei, durasi tempuh lintasan sejauh 600 meter untuk pengendara sepeda motor laki-laki dan perempuan, baik solo ataupun berboncengan, rata-rata adalah 123 detik. Durasi tersebut setara dengan kecepatan 17.5 km/jam. Dari grafik pada gambar 11 terlihat bahwa terjadi penurunan waktu dalam sistem rata-rata yang cukup signifikan seiring dengan pertambahan kecepatan hingga 28 km/jam, dan nilai sistem kembali naik untuk pertambahan kecepatan selanjutnya. Sebagaimana yang diketahui bahwa lintasan buluh china – FST ini melewati tiga jenis jalan, yakni aspal, beton, dan pavin block dengan jumlah tingkungan sebanyak dua kali. Hal ini menyebabkan kecepatan rata-rata kendaraan menurun, karena menimbang faktor kecelakaan yang dapat terjadi

untuk kecepatan yang tinggi. Dari sini dapat disimpulkan bahwa, untuk menjamin sistem jalan dapat memberikan layanan maksimum, kecepatan rata-rata arus bebas harus ditingkatkan hingga ± 30 km/jam. Selain berpengaruh pada kecepatan tempuh lintasan, kerataan jalan juga berpengaruh pada durasi yang dibutuhkan kendaraan untuk melintas. Fakta dari hasil simulasi, dalam kondisi macet kinerja sistem pada akhirnya ditentukan oleh seberapa cepat kendaraan tersebut dapat melintas.

D.3 Analisa Kebutuhan Karakteristik Jalan

Secara geografis, FST terletak di lingkungan UIN SUSKA Riau dan secara umum dapat diakses menggunakan dua rute lintasan. Rute lintasan tersebut adalah dari arah depan melalui jalan subrantas dan dari arah belakang melalui jalan buluh china. Meskipun, terdapat dua pilihan lintasan, faktanya hampir semua civitas akademika menggunakan akses belakang daripada depan, kecuali bagi mereka dari arah perbatasan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan asumsi bahwa civitas akademika cenderung menggunakan akses lintasan dari arah belakang.



Gambar 12. Hasil survei jumlah rata-rata kendaraan yang menuju FST tahun 2017 (Saefullah, 2017)

Untuk mengukur kebutuhan karakteristik jaringan jalan di lingkungan kampus menggunakan sistem antrian, harus memperhatikan jumlah populasi yang akan dilayaninya. Meskipun lebih mudah menggunakan model antrian dengan populasi tak terbatas, tetapi pemodelan kedatangan pelanggan (pengendara) menjadi tidak realistis. Hal ini disebabkan kedatangan mahasiswa di kampus disebabkan oleh suatu kepentingan kuliah secara umum atau kepentingan khusus lainnya. Jadi pengukuran populasi harus dilakukan berdasarkan penjadwalan perkuliahan di suatu sesi waktu yang telah ditetapkan.

Tabel 1: Kapasitas ruang perkuliahan/praktikum di lingkungan FST

Lokasi	Jml Ruang	Kapasitas	Daya Tampung
Gedung FST	17	30	510
Gedung Baru	7	30	210
Gedung Psikologi	10	30	300

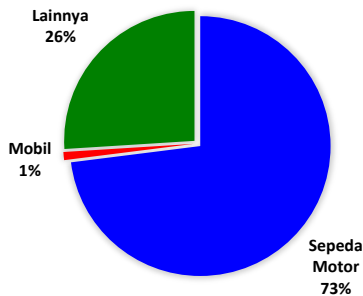
Labouratoriu m	8	10	80
Total	42		1100

(Saefullah, 2017)

Merujuk pada hasil survei penelitian sebelumnya Saefullah (2017), arus kedatangan civitas akademika ke kampus FST dapat dimodelkan (lihat gambar 12). Kekurangan dari data tersebut adalah tidak semua civitas akademika yang menuju FST adalah mahasiswanya sendiri. Fakta di lapangan memperlihatkan bahwa mahasiswa dari fakultas Tarbiyah dan FST berbaur dalam menggunakan sarana gedung Psikologi lama dan Gedung baru. Akibatnya, arus lalu lintas yang ditimbulkannya pun akan berbaur menjadi satu.

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas ruang di lingkungan FST sendiri, jumlah populasi mahasiswa per-sesi kuliah adalah sebanyak 1100 orang mahasiswa (lihat tabel 1). Jika ruang perkuliahan dan praktikum dipandu oleh seorang dosen/instruktur, maka besarnya mobilitas civitas akademika per sesi kuliah adalah 1142 orang. Dengan menggunakan data kepemilikan kendaraan (lihat gambar 13) dari penelitian yang sama (Saefullah, 2017), maka jumlah kendaraan yang akan dimobilisasi dapat dihitung sebagai berikut:

- Pengendara motor = 73% x 1142 ≈ 834 orang
- Pengendara mobil = 1% x 1142 ≈ 12 orang



Gambar 13. Rasio kepemilikan kendaraan di lingkungan mahasiswa FST Tahun 2017 (Saefullah, 2017)

Dengan menggunakan data tersebut, maka kita dapat memodelkan sistem antrian dengan pola kedatangan 3600 detik/846 kendaraan ≈ 4.25 detik untuk perkuliahan pertama, dimana 1.4% diantaranya adalah pengendara mobil. Mengingat perkuliahan pagi terdiri dari dua sesi, dan perkuliahan pertama dimulai dari jam 8:00, maka kedatangan pada sesi satu diasumsikan terjadi sejak jam 7:00. Sedangkan perkuliahan sesi kedua dimulai dari jam 10:00 sehingga kedatangan dapat dimulai dari jam 8:00 dengan pola kedatangan 7200/846 ≈ 8.51 detik. Dari hasil survei juga didapatkan data pelayanan dari jaringan jalan dengan rute lintasan belakang (Portal buluh china – FST), sebagaimana

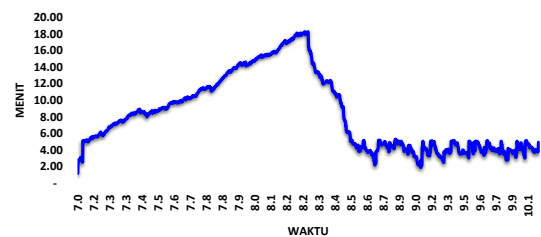
yang diperlihatkan oleh tabel 2. Jika penggunaan seluruh ruangan di lingkungan FST diasumsikan memiliki awal sesi perkuliahan yang serentak, maka simulasi dapat dilakukan dengan menggunakan model kedatangan dan pelayanan tersebut untuk dua sesi perkuliahan pagi.

Tabel 2. Hasil survei lapangan tentang arus lalu lintas

Jenis Pelayanan	Mobil		Sepeda motor	
	Minimum	Rata-rata	Mini mum	Rata-rata
Menempu h rute	78 detik	150 detik	60 detik	123 detik
Melintas arus	10 detik	11 detik	3 detik	5 detik

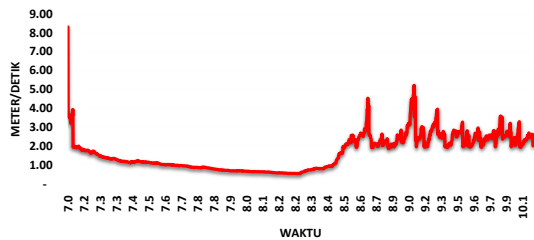
D.3.1 Analisis Sistem Antrian Server Tunggal

Dari hasil simulasi skenario diatas dengan menggunakan server tunggal (2 jalur/2 lajur) dan disiplin antrian FIFO, diperoleh data hasil sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar 14 dan 15.

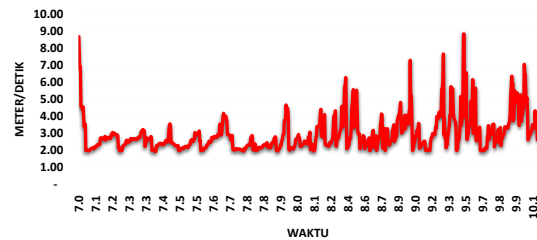


Gambar 14. Kinerja waktu di dalam sistem pada 2 sesi perkuliahan pagi

Grafik pada gambar 14 memperlihatkan peningkatan waktu sistem meningkat semenjak di awal waktu, sehingga terjadi kemacetan dimulai dari jam 7:00 pagi. Hasil ini berbeda dengan fakta di lapangan, dimana peningkatan kedatangan yang signifikan justru terjadi dipertengahan waktu, atau sekitar jam 7.30. Penyebab perbedaan ini adalah model yang digunakan dalam pola kedatangan yang eksponensial. Meskipun demikian, apapun model kedatangan yang digunakan pada akhirnya waktu menunggu di dalam sistem rata-rata akan cenderung menunjukkan hal yang sama, yakni 8 menit 36 detik. Akibat dari penumpukan di awal sesi perkuliahan, kecepatan pengendara pun semakin melambat sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar 15.



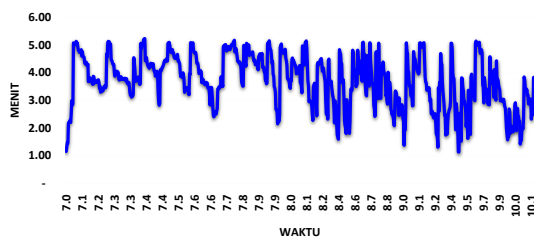
Gambar 15. Kinerja kecepatan pengendara pada 2 sesi perkuliahan pagi



Gambar 17. Kinerja kecepatan pengendara pada 2 sesi perkuliahan pagi

Berbeda halnya pada sesi pertama, pada perkuliahan sesi kedua lalu lintas kembali lancar. Hal ini disebabkan oleh rentang waktu yang diberikan untuk kedatangan berubah menjadi dua kali lipat. Pada sesi kedua ini rata-rata kecepatan kendaraan mendekati kecepatan arus bebas-nya. Berdasarkan hasil simulasi ini dapat disimpulkan bahwa kondisi jaringan jalan saat ini dapat menyebabkan kemacetan dipagi hari, karena rentang waktu yang diberikan cukup pendek untuk mendatangkan civitas akademika dalam jumlah yang sama. Penyebab mengapa sering dijumpai arus lalu lintas yang lancar adalah disebabkan sesi perkuliahan antar jurusan dan fakultas yang berada di sekitar FST cukup bervariasi. Sehingga kedatangan mahasiswa lebih merata di sepanjang waktu yang diberikan.

D.3.2 Analisis Sistem Antrian Server Ganda



Gambar 16. Kinerja waktu di dalam sistem pada 2 sesi perkuliahan pagi

Dengan mengacu pada hasil-hasil simulasi sebelumnya, penggunaan tambahan lajur pada setiap jalur akan meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunaan jalan. Jika pelebaran jalan dapat dilakukan sehingga tersedia 4 lajur untuk 2 jalur berlawanan arah, maka analisis sistem antrian dilakukan dengan model server ganda. Gambar 16 dan 17 memperlihatkan hasil simulasi server ganda yang dilakukan dengan skenario yang sama.

E. Penutup

E.1. Kesimpulan

1. Kondisi steady state tercapai dengan volume trafik maksimum 700 kendaraan untuk kondisi jaringan jalan 2 lajur dan 2 jalur berlawanan dan 1400 kendaraan pada kondisi jaringan jalan 4 lajur dan 2 jalur berlawanan.
2. Jumlah pergerakan populasi maksimum bergantung pada tingkat kepemilikan kendaraan, sehingga kebijakan berkendara dapat dilakukan untuk menekan volume lalu lintas di kawasan kampus
3. Disiplin antrian sistem FIFO dapat diabaikan jika dalam 2 jalur yang saling berlawanan terdapat masing-masing 2 lajur yang melayani, sehingga ketika kecepatan kendaraan di depannya terlalu lambat, dapat didahului menggunakan lajur yang lain.
4. Kondisi jaringan jalan di lingkungan kampus UIN Suska saat ini dapat dikategorikan memprihatinkan di mana kecepatan arus bebas hanya mencapai 17.5 km/detik, sehingga kemacetan cenderung terjadi.
5. Kecepatan arus bebas optimum 30 km/detik dapat dicapai dengan dua cara yaitu memperbaiki kerataan jalan atau dengan melakukan pengaspalan dan dengan melakukan perluasan jalur menjadi 4 lajur untuk jalur dua arah atau dengan kebijakan jalur satu arah jika tidak dilakukan perluasan.
6. Kebijakan untuk mengatur keluar masuk kendaraan dapat dilakukan dengan perencanaan jadwal kuliah yang matang sehingga sebaran mahasiswa merata dalam pergerakannya.

E.2. Saran

1. Distribusi poisson menyebabkan sebaran kedatangan sebenarnya uniform pada rentang waktu yang disediakan. Padahal pada prakteknya, kedatangan harusnya menumpuk di pertengahan seperti halnya distribusi binomial.

2. Penggunaan waktu pelayanan terdistribusi eksponensial dapat menyebabkan layanan mendekati nol atau sangat dengan peluang sangat kecil sangat lama, dan hal ini tidak pernah terjadi pada praktisnya, di mana layanan memiliki waktu minimum dan maksimum.
 3. Pengaruh penjadwalan terhadap sistem antrian dapat diselidiki lebih jauh dimana pola kedatangan dapat dikendalikan sehingga kemacetan dapat dihindari sedini mungkin.
- [10] Setiawan, Rudi. 2009. Simulasi Manajemen Lalu Lintas untuk Mengurangi Kemacetan Di Jalan Jemursari dan Raya Kendang Sari. Surabaya: Universitas Kristen Petra.

REFERENSI

- [1] Firdaus, Ormuz. 2012. Analisis Tingkat Pelayanan Jalan Pada Ruas Jalan Utama Kota Pangkal Pinang. Universitas Bangka Belitung.
- [2] Fransiscus Mintar Ferry Sihotang. 2006. Hubungan Antara Panjang Antrian Kendaraan dengan Aktifitas Samping Jalan. Universitas Pelita Harapan - Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3 , No. 1, Januari 2006 hal 53-57.
- [3] Kadir, Yuliyanti. Yufanto Piu. 2015. Analisis Tingkat Pelayanan Ruas Jalan di kawasan Kampus Universitas Negeri Gorontalo. The 18th FSTPT International Symposium, Unila, Bandar Lampung, August 28, 2015
- [4] Kandaga, Tjatur. Elvina Tjahjadi. 2011. Aplikasi Simulasi Hubungan Antrian yang Terjadi Dan Penentuan Waktu Hidup Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan. Jurnal Informatika, Vol.7, No. 1, Juni 2011: 87 – 97.
- [5] Kolinug, Lendy Arthur. T. K. Sendow, F. Jansen, M. R. E Manoppo. 2013. Analisa Kinerja Jaringan Jalan Dalam Kampus Universitas Sam Ratulangi. Universitas Sam Ratulangi - Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.2, Januari 2013 (119-127).
- [6] Munawar, Ahmad. 2004. Analisis Sistem Jaringan Transportasi di Kampus UGM. Media Teknik No 3 Edisi Agustus 2004, Hal 11-18. ISSN: 0216-3012
- [7] Nicholas. A. M. Mulyadi. 2012. Kelayakan Penerapan Lajur Sepeda Motor di Jalan Sunset Road Bali. Widyariset, Vol. 15 No. 3 - LIPI Press, Desember 2012: 557–564.
- [8] Riyadi, Kris Paryanto. Oyas Wahyunggoro. Harry Prabowo. 2014. Simulasi Lampu Lalu lintas dengan Sensor di Simpang Empat Menggunakan Software Automation Studio 5.0. UGM - Artikel Reguler, Vol 1 No 1, April 2014.
- [9] Saefullah. 2017. Manajemen Kebutuhan Ruang Parkir. Laporan Akhir LPPM – UIN Suska Riau 2017.