Analisis Jumlah Optimal Gardu *Exit* Gerbang Tol Pasir Koja Di PT Jasa Marga (Persero) Tbk

Analisis Of Optimal Number Of Pasir Koja Toolgate's Exit Booths In PT Jasa Marga (Persero) Tbk

Yosi Purnama Putra dan Alam Santosa
Program Study Teknik Industri
Universitas Komputer Indonesia
Jl Dipatiukur No. 112-116, 40132, Tlp. (022) 2504119, Fax. (022) 2533754
Email: 1. Edogawayoshimurai@gmail.com, 2. Alam.santosa@gmail.com

PT. Jasa Marga beroperasi dalam perencanaan, pembangunan, dan pengoperasian jalan tol. Penelitian ini ingin menjawab berapakah rata-rata waktu kedatangan kendaraan di jalan tol, berapakah rata-rata waktu pelayanan di gardu *exit*, berapakah rata-rata waktu kendaraan dalam sistem, berapakah jumlah gardu *exit* yang optimal. Langkah-langkah penyelesaiannya seperti mengumpulkan data jumlah lalu lintas dan waktu pelayanan, kemudian melakukan pengolahan data berupa membuat diagram entitas, menentukan operasi didalam sistem, menentukan distribusi waktu kedatangan dan waktu pelayanan, melakukan uji anova, dan merancang sistem. Hasil simulasi menjelaskan distribusi kedatangan kendaraan yaitu distribusi normal dengan nilai rata-rata 15600 dan nilai standar deviasi 1580. Distribusi untuk waktu pelayanan adalah Triangular dengan nilai minimum 2.87, nilai modus 5.4, dan nilai maksimum 6.78. Hasil jumlah gardu optimal pada *shift* 1 usulan jumlah gardu yang dibuka 1 – 2, untuk *shift* 2 usulan jumlah gardu yang dibuka sebanyak 2 gardu, sedangkan *shift* 3 usulan jumlah gardu yang dibuka sebanyak 1 gardu.

Kata kunci *:* Jumlah lalu lintas kendaraan, waktu transaksi pelayanan, gardu *exit*, simulasi, dan utilitas.

PT. Jasa Marga *operate with planning, construction, and plaza toll operation. This research want to know how long time average car pass in this plaza toll, how long time average service in this exit tollgate's, how long time average number of car pass in this system, and how much number of optimal exit tollgate's. completion steps like collecting data from number of traffic data and service time, and then doing calculation data from creating diagram entity, determine operation inside system, determine incoming time distribution and service time, doing anova test, and design system, simulation result explain the distribution of the arrival of the vehicle is a normal distribution with an average value of* 15600*, and the standard deviation value of* 1580*, the distribution for the service time is triangular with*

Keyword : *maximum 5 keywords relevant to the subject.*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

PT Jasa Marga mendefinisikan macet sebagai suatu kejadian bertambah banyaknya jumlah kendaraan sepanjang 100 meter bahkan lebih seperti yang terjadi di gerbang pintu keluar tol Pasir Koja. Penyebab terjadinya antrian yaitu jarak gardu *exit* yang terlalu dekat dengan rambu lalu lintas (lampu merah), sehingga pengaturan waktu pada lampu merah sangat berpengaruh dengan terjadinya antrian kendaraan, dan adanya satu buah gardu yang tidak beroperasi dikarenakan mesin gardu ada yang harus diperbaiki, hal ini menyebabkan antrian yang cukup panjang bisa dikatakan antrian terjadi dikarenakan jumlah gardu di gerbang keluar tidak sebanding dengan jumlah kendaraan yang terdapat dalam antrian, sedangkan pada gerbang pintu masuk tol Pasir Koja tidak terjadi antrian dikarenakan volume kendaraan tidak sepadat jumlah volume kendaraan yang keluar tol Pasir Koja.

Namun antrian juga terjadi pada saat jam kantor (jam keberangkatan pegawai dan jam pulang pegawai) yaitu dipagi hari dan disiang hari menuju sore, hal ini terjadi dikarenakan tol Pasir Koja merupakan jalan tol pilihan atau jalan alternatif ketika pintu gerbang tol Kopo dan gerbang pintu tol Buah Batu padat (macet). Sedangkan pada jam 10.00 - 14.00 WIB, tidak terjadi antrian di gerbang pintu masuk maupun keluar tol Pasir Koja, hal tersebut terjadi pula dihari minggu.

PT Jasa Marga membuat sistem *shift* kerja pada operator di gerbang tol, sistem shift yang diberikan dalam 3 waktu atau 3 shift *kerja* yaitu pada pukul 5.30-13.30 untuk *shift* 1, pukul 13.30-21.30 untuk *shift* 2, dan pukul 21.30-5.30 untuk *shift* 3. Dari kondisi tersebut peneliti ingin mengetahui kinerja gardu tol dalam 3 waktu atau 3 *shift* kerja kemudian mencari

solusi yang dapat dijabarkan berdasarkan dua macam prosedur yaitu analisis dan simulasi.

B. Perbedaan Riset Dengan Riset Peneliti Lain

Pada penelitian ini menggunakan bantuan software promodel 2014.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Mengukur waktu rata-rata dari distribusi kedatangan kendaraan
2. Untuk mengukur waktu rata-rata dari distribusi pelayanan di gardu *exit* tol Pasir Koja.
3. Untuk mengukur waktu rata-rata kendaraan yang beroperasi didalam sistem.
4. Mengoptimalkan jumah gardu untuk mencapai kriteria utilitas pelayanan gardu yang ditentukan.

D. Sistematika Pembahasan

Pada penelitian ini dimana langkah awal mengumpulkan data jumlah lalu lintas dan waktu pelayanan kemudian melakukan pengolahan data berupa membuat diagram entitas, menentukan operasi didalam sistem, menentukan distribusi waktu kedatangan dan waktu pelayanan, melakukan uji anova, dan merancang sistem atau membuat simulasi menggunakan *software promodel* 2014. Untuk hasil optimisasi dengan cara membandingkan besaran utilitas menggunakan skenario 26%, 40%, 80%, dan 100% dengan besarnya utilitas aktual.

II. LANDASAN TEORI

A. Definisi Simulasi

Berdasarkan The Oxford American Dictionary (1980) yang dikutip oleh Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel* bahwa simulasi didefinisikan sebagai cara untuk mereproduksi kondisi dari situasi sebagaimana oleh model, untuk pembelajaran, percobaan atau pelatihan

B. Klasifikasi Simulasi

- Mencakup ketergantungan sistem
- Akses untuk sistem variabilitas
- Apakah cukup fleksibel untuk model apapun
- Menunjukan karakteristik dari waktu ke waktu
- Apakah lebih murah, menghabiskan waktu, mengganggu dari percobaan pada sistem yang sebenarnya
- Memberikan informasi pada beberapa ukuran kinerja
- Apakah penampilannya menarik dan melibatkan minat masyarakat
- Memberikan hasil yang mudah dipahami dan mudah berkomunikasi
- Dapat dijalankan secara singkat, normal, atau lambat.
- Fokus terhadap desain dan detail

C. Langkah-langkah Simulasi

Langkah pertama melakukan hipotesis, langkah kedua membuat atau merancang model simulasi, langkah ketiga menjalankan simulasi, langkah keempat menganalisis apakah hipotesis benar, jika hipotesis salam maka kembali kelangkah pertama.

D. Definisi Sistem

Menurut Blanchard (1991) yang dikutip oleh C Harrel (2004) sistem yang digunakan disini, didefinisikan sebagai kumpulan elemen yang berfungsi secara bersamaan untuk mencapai suatu tujuan yang diinginkan

E. Definisi Model

Definisi model . C Harrell (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel* menjelaskan Sebuah model adalah representasi yang disederhanakan dari realitas yang ada.

F. Data Struktural

Data structural biasanya berisikan sebuah informasi structural yang pada dasarnya menggambarka suatu konfigurasi dari sebuah sistem yang bertujuan untuk proses selanjutnya yaitu proses mengidenntifikasi barang-barang atau item yang telah diproses.

G. Data Operasional

Data operasional menjelaskan bagaimana sistem beroperasi yaitu, kapan, di mana, dan bagaimana peristiwa dan kegiatan berlangsung.

H. Data Numerik

Data numerik biasanya berupa nilai-nilai yang dapat dioperasikan atau dikalkulasikan dengan berbagai faktor atau membuat deskripsi objektif tentang batasan-batasan dan menetukan pakah batasan atau nilai-nilai dapat dikontrol melalui beberapa intervensi.

I. *Autocorelation*

sebagai suatu uji statistik untuk mengetahui apakah data berkorelasi atau tidak. Korelasi ini untuk menentukan apakah data bersifat acak (independen) atau tidak (dependen).

J. Uji Anova

Analisis Anova menggunakan distribusi F sebagai dasar untuk pengambilan keputusan.

K. Sistem Antrian

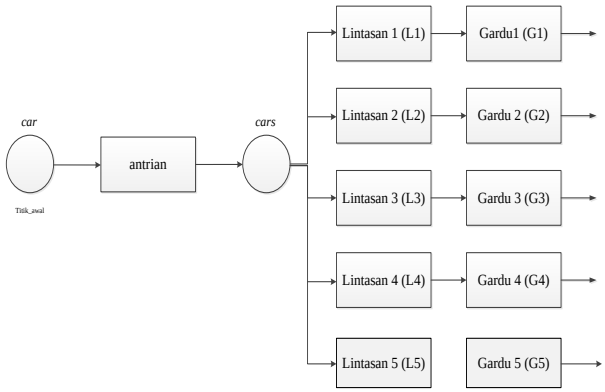
Berdasarkan penjelasan diatas maka sistem antrian dibagi menjadi 2 komponen yaitu:

1. Antrian yang memuat langganan atau satuan-satuan yang memerukan pelayanan.
2. Fasilitas pelayanan yang memuat pelayanan dan saluran pelayanan (misalnya loket bioskop dan petugas jual tiket atau pembayaran dan pengambilan kartu di tol.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Diagram Entitas

Langkah awal dalam dalam membuat sistem adalah membuat diagram entitas. Diagram entitas berisikan aktifitas dari entitas dari titik awal kedatangan kendaraan menuju titik antrian atau lokasi dari lintasan-lintasan menuju gardu *exit*.



Gambar 1. Diagram entitas gerbang *exit* tol Pasir Koja

B. Menentukan Proses Dalam Sistem

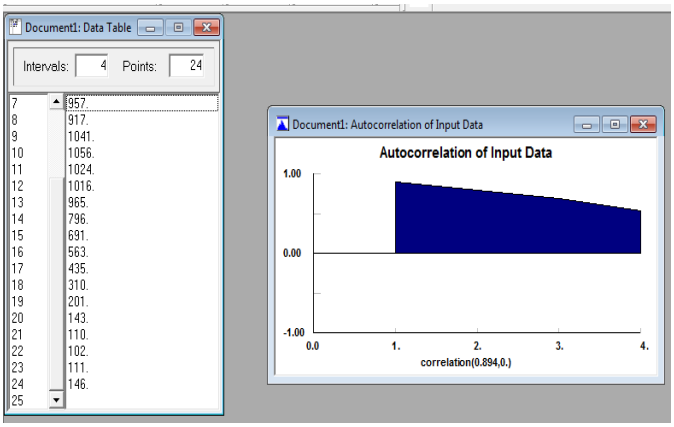
Maksud dari penentuan proses dalam sistem yaitu menentukan operasi proses dalam sistem yang terjadi pada antrian gerbang tol dimana penjelasan secara rinci dari gambar diagram entitas. Berikut proses-proses dalam perancangan sistem dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Proses operasi dari perancangan sistem untuk antrian gerbang tol Pasir Koja

Entitas	**Lokasi**	**Output**	**Tujuan**
car	titik_awal	cars	L1
		cars	L2
		cars	L3
		cars	L4
Entitas	**Lokasi**	**Output**	**Tujuan**
cars	L1	cars	G1
cars	L2	cars	G2
cars	L3	cars	G3
cars	L4	cars	G4
cars	G1	cars	*exit*
Entitas	**Lokasi**	**Output**	**Tujuan**
cars	G2	cars	*exit*
cars	G3	cars	*exit*
cars	G4	cars	*exit*

C. Penentuan Pola Data

Uji dilakukan dengan cara menggabungkan kedua data pada bulan Januari dengan bulan Februari tahun 2015 untuk melihat apakah ada perbedaaan data yang bersifat acak atau tidak, dimana data tersebut dikalkulasikan terlebih dahulu dengan cara dirata-ratakan untuk sebagai input di *stat*::*fit* dengan bantuan *software* promodel 2014, hasilnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2. *Autocorrelation* untuk data gabungan antara bulan januari dengan februari

D. Melakukan Uji Keseragaman Data dengan Uji Anova.

Uji keseragaman data bertujuan untuk apakah semua data mempunyai variasi yang sama atau tidak, dalam pengujian ini berguna juga untuk apakah data dapat dikelompokan atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Microsoft excel dengan menggunakan uji anova single faktor. Dari hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Hasil pengujian anova dengan Menggunakan Miscrosoft Excel untuk penggabungan antara bulan Januari dengan bulan Februari.

ANOVA						
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	26.68439	1	26.68439	0.003229	0.954887	4.009868
Within Groups	471108	57	8265.052			
Total	471134.6	58				

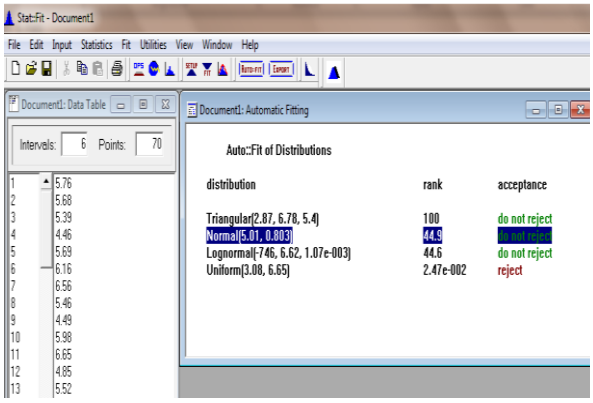
hasil data tidak bervariasi atau sama, maka dari hasil penggabungan data kedua bulan tersebut mempunyai hasil yang sama dimana nilai dari $f < fcrit$ dengan nilai $f = 0.003229$ dan nilai $fcrit = 4.009868$ menunjukan bahwa keputusan dari pengujian ini diterima yang artinya data tidak bervariasi dan dapat disatukan.

E. Menentukan perhitungan waktu kedatangan dan menentukan distribusi

Langkah awal dalam menentukan perhitungan waktu kedatangan dengan merata-ratakan jumlah dari total kendaraan yang datang kemudian dicari distribusinya dengan distribusi yang terpilih adalah distribusi normal dengan nilai rata-rata 15600 dan nilai standar deviasi sebesar 1580. Nilai dari distribusi tersebut untuk dijadikan input di *arrival cycle.*

F. Waktu Transaksi Gardu Tol

untuk mencari distribusi dari waktu pelayanan maka langkah awal adalah merata-ratakan jumlah dari sampel yang dilakukan sebanyak 35 sampel kemudian data bulan Januari 2015 dan bulan Februari 2015 kemudian untuk menentukan distribusi menggunakan bantuan promodel 2014 dengan cara di *stat*::*fit* sehingga hasil dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

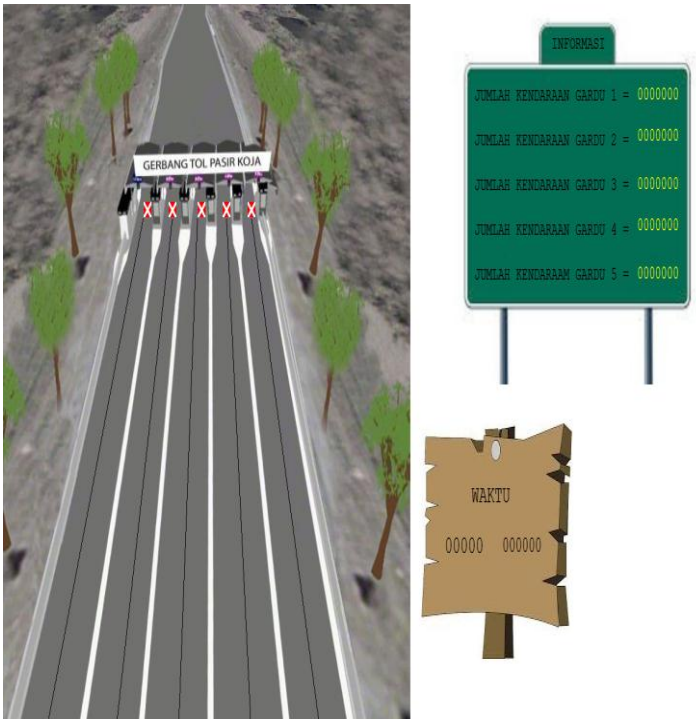


Gambar 3. Hasil distribusi waktu transaksi menggunakan *stat*::*fit* untuk bulan Januari dan Februari 2015

Gambar diatas merupakan hasil dari distribusi untuk waktu pelayanan dimana data tersebut dicari menggunakan bantuan software promodel 2014 dengan menggunakan *stat::fit.* Hasil tersebut ada tiga distribusi yang terpilih diantaranya Triangular (2.87, 6.78, 5.4), normal (5.01, 0.803), dan Lognormal (-746, 6.62, 0.00107). sedangkan distribusi yang tidak terpilih adalah Uniform (3.08, 6.65), distribusi ini tidak terpilih dikarenakan mempunyai nilai ranking 0.0247 yang artinya kurang dari 1 dimana nilai rangking dari distribusi ini lebih kecil dibandingkan dengan distribusi yang lainnya.

G. Membuat simulasi

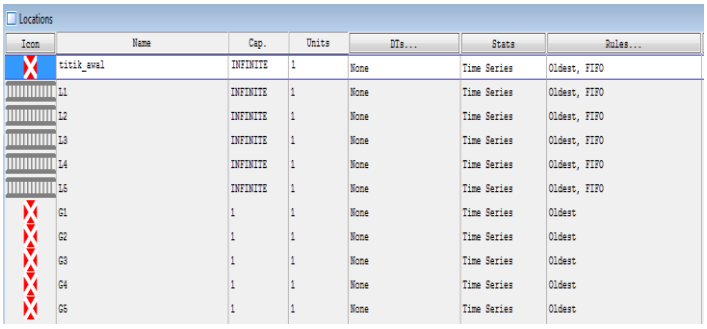
Dalam merancang sebuah model yang disederhanakan dari realitas yang ada, dengan artian keadaan model diwakili dari peristiwa yang terjadi dengan kondisi yang sebenarnya dimana sebuah proses membutuhkan model konseptual dan mengkonvesi ke model simulasi, dengan langkah awal membuat lokasi dimana lokasi ini menggambarkan dengan kondisi yang sebenarnya dimana jumlah lintasan menuju gardu dan jumlah gardu *exit* untuk melakukan transaksi pembayaran. Langkah selanjutnya menentukan entitas sebagaimana entitas disini yaitu mobil. *Arrivals* bertujuan untuk menunjukan masukknya entitas yang datang didalam sistem baik bahannya, lokasi kedatangan, ataupun frekuensi serta waktu kedatangannya secara periodik, menurut interval waktu tertentu. Kemudian menentukan proses entitas itu beroperasi dari lokasi awal sampai tujuan entitas itu mau kemana. Berikut dapat dilihat model yang dibuat untuk menentukan jumlah antrian yang terjadi di gardu gerbang tol Pasir Koja:



Gambar 4. *Layout* model

H. Membuat Lokasi

Dalam merancang suatu lokasi maka langkah pertama menentukan titik awal kedatangan dimana mobil ini datang menuju gerbang tol Pasir Koja, kemudian menentuka titik antrian dimana titik antrian ini kejadian bertambah banyaknya jumlah kedatangan untuk melakukan transaksi pembayaran dengan menunggu giliran untuk dilayani. Dibawah ini merupakan gambar lokasi yang dibuat di *software promodel*



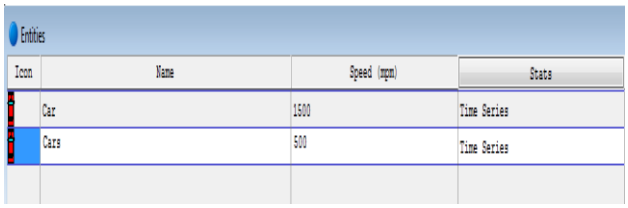
Gambar 5. Lokasi pada model

Titik_awal merupakan langkah pertama untuk menentukan awal kedatangan kendaraan, dengan kapasitas tidak terbatas dan "rules Oldest", FIFO dimana menjelaskan bahwa "oldest by priority" yaitu memilih entitas yang menunggu terlalu lama diantara entitas dalam prioritas rute tertinggi. Sedangkan FIFO yaitu "*First In First Out"* dalam kejadian ini apabila entitas pertama telah menyelesaikan operasinya, entitas masuk ke lokasi berikutnya sebelum entitas kedua menyelesaikan operasinya dan masuk ke lokasi berikutnya tersebut, dan seterusnya. L1, L2, L3, L4,

dan L5 yaitu lintasan dimana menunjukan bahawa tujuan dari lintasan-lintasan ini menuju gardu transaksi pembayaran, dengan kapasitas tidak terbatas, dan rules yaitu Oldest, FIFO. Terakhir G1, G2, G3, G4, dan G5 merupakan lokasi untuk melakukan transaksi pembayaran, dimana kapasitas tidak terbatas, dan rules yaitu Oldest.

I. Entitas

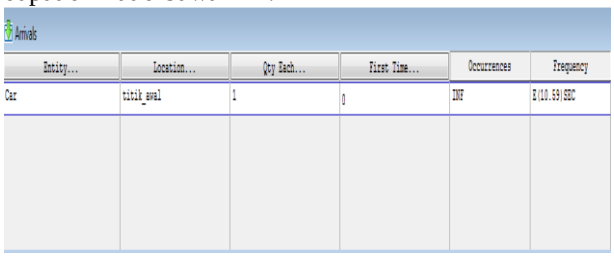
Entitas yang digunakan pada model ini terdiri dari 2 entitas yaitu car dimana mobil ini berada dititik awal sebelum menuju titik antrian, sedangkan entitas cars yaitu mobil ini melaju menuju gardu lokasi transaksi pembayaran yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 6. Gambar entitas pada model

J. Kedatangan / *Arrivals* dan *Arrivals cycle*

Kedatangan entitas dimana car merupakan entitas yang berada dititik awal atau lokasi kedatangan, dengan *occurrences* tidak terbatas dan nilai frequency mempunyai nilai eksponensial sebesar 10.59, dimana nilai tersebut diperoleh dari hasil rata-rata. Gambar dapat dilihat dibawah ini:

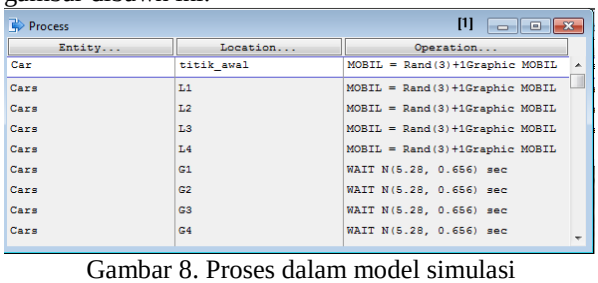


Gambar 7. Gambar *arrivals*

Fungsi dari *Arrivals cycle* sama halnya pada *arrivals* namun yang dijadikan sebagai input jumlah kedatangan dari kendaraan perjamnya dalam bentuk persentase.

K. Proses

Proses pada pembuatan model disini dimana operasi atas proses sesuai dengan kondisi yang sebenarnya berikut dapat dilihat lebih jelasnya pada gambar dibawh ini:

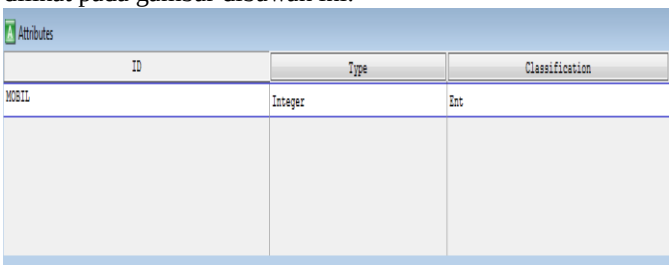


Gambar 8. Proses dalam model simulasi

Entitas car disini berada dilokasi titik awal atau titik kedatangan kendaraan yang beroperasi sehingga menghasilkan output cars dengan tujuan lintasan L1, L2, L3, L4, dan L5 dengan rule by turn yang artinya pemilihan secara bergantian diantara unit yang tersedia. Untuk entitas cars yang berada dilokasi L atau lintasan menuju gardu beroperasi sihingga menghasilkan output cars dengan tujuan G (gardu tempat transaksi pembayaran). Sedangkan entitas cars yang berlokasi di G (gardu tempat transaksi pembayaran) mempunyai operasi N (5.28, 0.656) dimana nilai tersebut didapat dari hasil pengolahan *stat*::*fit* waktu transaksi gardu *exit* tol Pasir Koja.

L. *Attribute*

Attribute disini berguna sebagai veriabel atribut ini bisa berupa seseorang atau objek yang mempunyai variasi antara satu orang dengan yang lainnya atau satu objek dengan objek lain. Atribut disini berupa objek yaitu mobil yang membantu dalam proses dari suatu operasi. Atribut dalam pembuatan model disini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

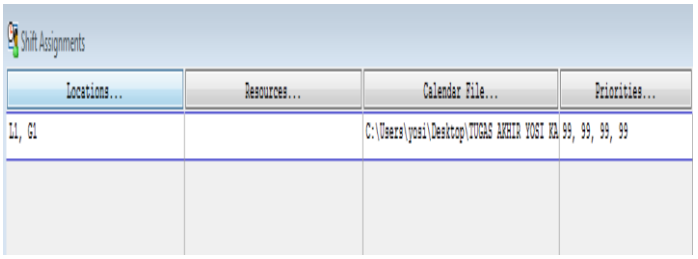


Gambar 9. Gambar *attribute* pada sebuah model

Dimana ID merupakan sebuah variabel yang mempnyai type integer dengan *classification* yaitu entitas.

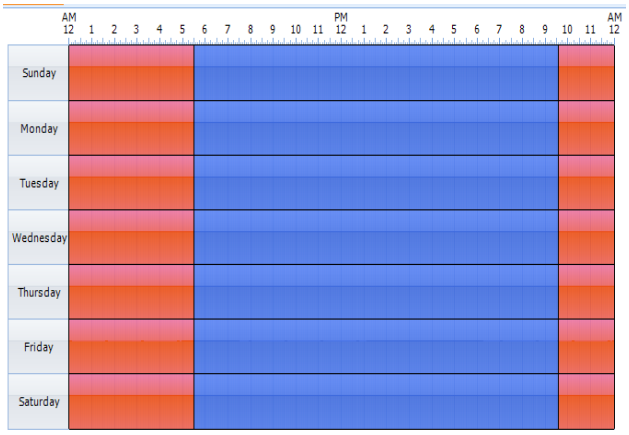
M. *Shift Assignment*

Shift Assignment bertujuan untuk menutup gardu tol ketika gardu tol tersebut diputuskan untuk ditutup karena volume kendaraan tidak terlalu padat atau keadaan mesin yang rusak atau sebagai kondisi ketika gardu ditutup selama 1 jam maka percangan model disini dapat dibuat seperti gambar dibawah ini:



Gambar 10. *Shift assignment* pada sebuah model

Dimana lokasi disini menunjukan lintasan mana saja dan gardu mana saja yang akan ditutup atau tidak beroperasi, sedangkan calendar file berfungsi untuk merencanakan kapan dan berapa lama gardu dan lintasan tersebut tidak beroperasi yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini

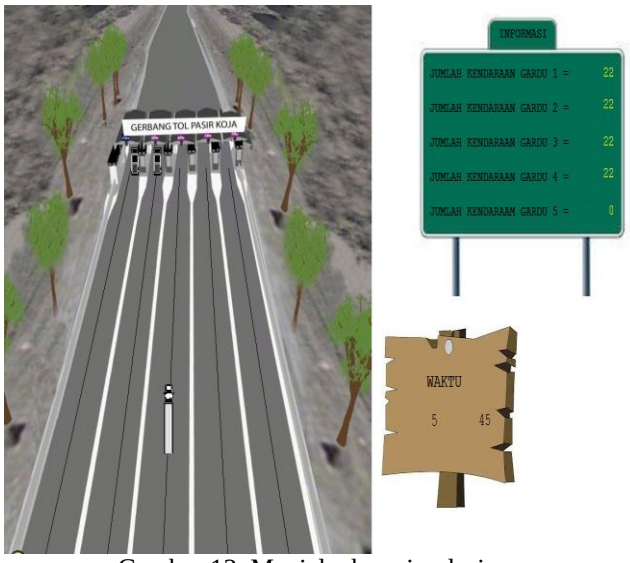


Gambar 11. *Shift editor*

Pada gambar diatas terlihat jelas nama hari dimana hari dimulai dari hari minggu sampai sabtu dan waktu terletak paling atas pada gambar 11 tersebut dimana diawali dengan pukul 12.00 AM – 12.00 PM, dan dimulai dari 12.00 PM – 12.00 AM, hal tersebut bertujuan untuk mengatur jam kerja atau waktu penutupan dan membuka gardu *exit* tol Pasir Koja. Pengaturan jam kerja melalui software promodel dengan cara mengatur dibagian *shift editor* dimana warna merah menunjukan jam istirahat atau penutupan gardu *exit* yang dimulai dari pukul 9.30 PM – 5.30 AM, sedangkan warna biru menunjukan jam kerja atau mulai dibuka kembali gardu yang mulanya ditutup untuk diaktifkan kembali dimulai dari pukul 5.30 AM – 9.30 PM.

N. *Running*

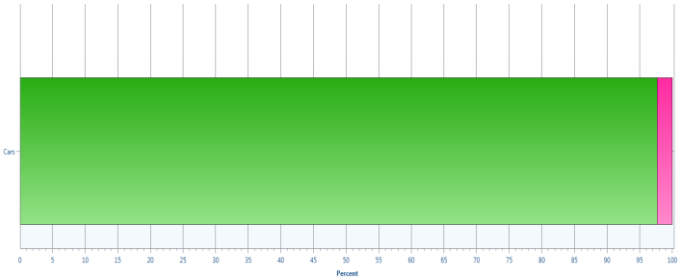
Setelah merencanakan dan membuat atau merancang model simulasi dengan menggunakan software promodel maka langkah selanjutnya dengan mencoba menjalankan sebuah model yang telah dibuat dengan cara di *running*, maka gambar dibawah ini adalah gambar ketika model dijalankan:



Gambar 12. Menjalankan simulasi

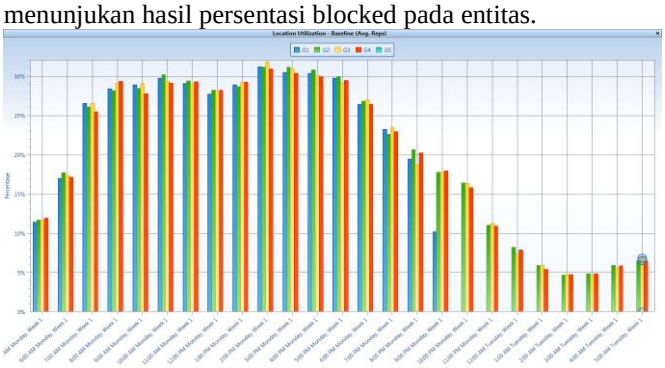
O. Hasil Dari Simulasi (*Result*)

Setelah membuat atau merancang sebuah sistem atau simulasi model kemudian dijalankan atau di *run* maka hasil akan diketahui dan kemudian dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 13. Gambar hasil dari status entitas

Gambar 13 diatas menunjukan hasil persentasi bahwa warna hijau merupakan kondisi kendaraan atau entitas yang beroperasi sedangkan warna merah muda menunjukan hasil persentasi blocked pada entitas.



Gambar 14. Gambar hasil dari utilitas lokasi

Pada gambar diatas menunjukan bahwa hasil dari utilitas lokasi dimana warna biru menunjukan bahwa kendaraan mobil atau entitas bergerak menuju gardu (G1), warna hijau merupakan gardu (G2), warna kuning menunjukan gardu (G3), dan warna merah menunjukan gardu (G4). Hasil tersebut menunjukan pola yang beragam dalam artian mobil atau entitas masuk menuju gardu keluar secara acak setiap harinya.

Tabel 3. Hasil dari operasi keseluruhan

Name	Total Entries (unit)	Average Contents	Maximum Contents	% Utilization
Titik awal	13645.90	1.76	9.40	12.54
L1 (lintasan 1)	3045.10	0.70	5.55	4.99
L2 (lintasan 2)	3551.10	0.49	5.60	3.49
L3 (lintasan 3)	3534.45	0.49	5.55	3.48
L4 (lintasan 4)	3514.65	0.48	5.80	3.45
L5 (lintasan)	0.00	0.00	0.00	0.00

G1 (gardu 1)	3044.95	0.26	1.00	26.36
G2 (gardu2)	3550.80	0.21	1.00	20.64
G3 (gardu 3)	3534.35	0.21	1.00	20.54
G4 (gardu 4)	3514.60	0.20	1.00	20.41
G5 (gardu 5)	0.00	0.00	0.00	0.00

Hasil dari operasi keseluruhan yang ditunjukan pada tabel 3 diatas dimana name menunjukan bahwa lokasi dari sistem, total entries menunjukan nilai atau total kendaraan yang berada disetiap lokasi, average contents merupakan hasil rata-rata pada setiap lokasi, maximum contents merupakan banyaknya antrian pada setiap lokasi, sedangkan utilization adalah persentasi dari kendaraan disetiap lokasi.

P. Optimisasi

Dalam menentukan jumlah gardu yang optimal bukan untuk panambahan gardu melainkan bisa saja pengurangan gardu karena maksud dari optimal adalah menetukan jumlah gardu yang paling baik dari yang terbaik. Dikarenakan PT Jasa Marga (Persero) Tbk tidak mempunyai target utilitas maka cara dalam menentukan gardu dengan memaksimalkan utilitas atau pemanfaatan dari gardu. Oleh karena itu optimisasi dilakukan dengan cara membandingkan besaran utilitas yang sebelumnya telah ditentukan dengan besaran utilitas melakukan skenario 26%, 40%, 80%, dan 100% dengan besarnya utilitas aktual seperti pada tabel dibawah ini:

1. Hasil optimisasi untuk 26%

Hasil dari optimisasi untuk 26% bahwa misalkan ambil satu buah contoh pada interval waktu pada pukul 6:30 – 7:30 mempunyai perbandingan utilitas sebesar 15.75% sedangkan untuk 26% mempunyai hasil sebesar 20.98% angka ini mempunyai arti bahwa untuk kedatangan kendaraan kurang lebih dimulai dari 0 kendaraan sampai 500 kendaraan yang datang ke gerbang tol Pasir Koja kinerja dari seorang pegawai atau karyawan mempunyai nilai kesibukan sebesar 16% dengan membuka 4 buah gardu, dengan adanya skenario maka dapat diketahui pula bahwa pada puku 6:30 – 7:30 mempunyai panjang antrian sebanyak 4 mobil. Sedangkan untuk rata-rata perharinya besaranya rata-rata utilitas aktual sebesar 25.22% dibandingkan dengan skenario dari 26% mempunyai rata-rata utilitas sebesar 20.10%, artinya nilai tersebut menunjukan bahwa dengan pemanfaatan tingkat penggunaan gardu sebesar 26% maka gardu *exit* yang dibuka sebanyak 4 gardu atau 5 gardu.

2. Hasil optimisasi untuk 40%

pada interval waktu pada pukul 6:30 – 7:30 mempunyai perbandingan utilitas sebesar 15.75% sedangkan untuk 26% mempunyai hasil sebesar 20.98% angka ini mempunyai arti bahwa untuk kedatangan kendaraan kurang lebih dimulai dari 0 kendaraan sampai 500 kendaraan yang datang ke gerbang tol Pasir Koja kinerja dari seorang pegawai atau karyawan mempunyai nilai kesibukan sebesar 16% dengan membuka 4 buah gardu, dengan adanya skenario maka dapat diketahui pula bahwa pada puku 6:30 – 7:30 mempunyai panjang antrian sebanyak 4 mobil. Sedangkan untuk rata-rata perharinya besaranya rata-rata utilitas aktual sebesar 25.22% dibandingkan dengan skenario dari 26% mempunyai rata-rata utilitas sebesar 20.10%, artinya nilai tersebut menunjukan bahwa dengan pemanfaatan tingkat penggunaan gardu sebesar 26% maka gardu *exit* yang dibuka sebanyak 4 gardu atau 5 gardu.

3. Hasil optimisasi untuk 60%

Untuk kondisi utilitas sebesar 60% maka dapat diambil satu contoh misalnya data diambil pada sebagai perbandingan pada pukul 11:30 – 12:30 maka hasil utilisasi untuk aktual sebesar 29.53% sedangkan dengan kondisi utilitas 60% mempunyai hasil sebesar 59.81% dengan panjang antrian maksimal 8 mobil hal ini berbeda dengan utilitas-utilitas sebelumnya dimana terlihat dengan jelas bahwa kinerja karyawan dalam melayani transaksi pembayaran pengguna jalan tol Pasir Koja terlihat kinerja karyawan meningkat hal ini dikarenakan pada kondisi utilitas 60% gardu yang dibuka hanya 2. Sedangkan rata-rata utilitas aktual sebesar 25.22% berbeda dengan kondisi utilitas ketika 60% maka hasil dari utilitas sebesar 42.65%.

4. Hasil optimisasi untuk 80%

Sama halnya dengan tabel sebelumnya untuk kondisi utilitas sebesar 80% maka dapat diambil satu contoh misalnya data diambil pada sebagai perbandingan pada pukul 0:30 – 1:30 maka hasil utilisasi untuk aktual sebesar 20.98% sedangkan dengan kondisi utilitas 80% mempunyai hasil sebesar 63.19% dengan panjang antrian maksimal 7 mobil hal ini berbeda dengan utilitas-utilitas sebelumnya dimana terlihat dengan jelas bahwa kinerja karyawan dalam melayani transaksi pembayaran pengguna jalan tol Pasir Koja terlihat kinerja karyawan meningkat hal ini dikarenakan pada kondisi utilitas 80% gardu yang dibuka hanya 1. Sedangkan rata-rata utilitas aktual sebesar 25.22% berbeda dengan kondisi utilitas ketika 60% maka hasil dari utilitas sebesar 59.80%.

5. Hasil optimisasi untuk 100%

Untuk kondisi utilitas sebesar 100% maka dapat diambil satu contoh misalnya data diambil pada sebagai perbandingan pada pukul 11:30 – 12:30 maka hasil utilisasi untuk aktual sebesar 29.53% sedangkan dengan kondisi utilitas 100% mempunyai hasil sebesar 99.31% dengan panjang antrian maksimal 20 mobil hal ini berbeda dengan utilitas-utilitas sebelumnya dimana terlihat dengan jelas bahwa kinerja karyawan dalam melayani transaksi pembayaran pengguna jalan tol Pasir Koja terlihat kinerja karyawan meningkat hal ini dikarenakan pada kondisi utilitas 100% gardu yang dibuka hanya 1. Sedangkan rata-rata utilitas aktual

sebesar 25.22% berbeda dengan kondisi utilitas ketika 60% maka hasil dari utilitas sebesar 83.81%.

Q. Usulan Gardu

Untuk penentuan gardu optimal yang dapat dilihat pada tabel diatas tanpa adanya batasan utilitas tetapi melihat dari sisi panjang antrian maksimum, maka dapat ditentukan gardu yang optimal misalkan pada *shift* 1 pada jam 6:30 – 7:30 pada jumlah gardu aktual dibuka sebanyak 4 dengan panjang antrian maksimum untuk aktual sebanyak 4 jenis kendaraan mobil yang berbeda, sedangkan usulan untuk pembukaan gardu pada pukul 06:30 – 7:30 adalah sebanyak 1 dengan nilai utilisasi sebesar 63.19% dengan panjang antrian maksimum sebanyak 7 jenis kendaraan mobil yang berbeda. Pada *shift* 2 tepatnya pukul 16:30 – 17:30 maka pada jumlah gardu aktual dibuka sebanyak 4 dengan panjang antrian maksimum sebanyak 4 jenis kendaraan mobil yang berbeda sedangkan usulan untuk gardu pada pukul 16:30 – 17:30 sebanyak 2 gardu dengan tingkat utilitas 62.45% dengan panjang antrian maksimum sebanyak 6 jenis kendaraan mobil yang berbeda.

IV. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan analisis maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata kendaraan yang melewati tol Pasir Koja setiap harinya berkisar kurang lebih 15600 kendaraan. Untuk rata-rata kedatangan kendaraan maka dapat disimpulkan bahwa penggabungan data bulan Januari dengan bulan Februari sebesar 267.7 unit/detik. pada sub bab ini dapat disimpulkan pula bahwa rata-rata dari sampel bulan Januari dan bulan Februari mempunyai nilai rata-rata waktu sebesar 5 detik.

Kemudian distribusi yang terpilih adalah nilai yang mempunyai distribusi Triangular dengan nilai modus atau *mode* sebesar 5.4, sedangkan untuk batas minimum sebesar 2.87 dan batasan untuk maksimum adalah sebesar 6.78. Untuk antrian kendaraan dalam sistem dengan distribusi yang terpilih adalah N (15600, 1580), maka untuk pengguna lintasan pertama (L1) sebanyak 3046 kendaraan dengan rata-rata waktu per *entry* 15.30 detik, untuk pengguna lintasan kedua (L2) sebanyak 3552 kendaraan dengan rata-rata waktu per *entry* 11.86 detik, untuk pengguna lintasan ketiga (L3) sebanyak 3535 kendaraan dengan rata-rata waktu per *entry* 11.88 detik, sedangkan untuk pengguna lintasan keempat (L4) sebanyak 3515 kendaraan dengan rata-rata waktu per *entry* 11.86 detik. Untuk lintasan kelima (L5) tidak digunakan oleh pihak PT Jasa Marga (PERSERO) Tbk dikarenakan ada mesin yang rusak dan kekurangan operator. Sehingga gardu *exit* yang dibuka di tol Pasir Koja sebanyak 4 gardu.

Setelah melakukan analisis maka jumlah gardu optimal berdasarkan ditinjau dari segi panjang antrian maksimum yang telah ditentukan oleh PT Jasa Marga (Persero) Tbk minimal 100 meter dengan kurang lebih 23 unit kendaraan mobil yang mengantri. Maka dari itu berdasarkan analisis yang dibuat maka dapat disimpulkan bahwa pada *shift* 1 pada pukul 05:30 – 13:30 maka usulan jumlah gardu sebanyak 1 – 2 gardu yang dibuka dengan keadaan gardu dapat beroperasi (tidak rusak), sedangkan untuk *shift* 2 yang terjadi pada pukul 13:30 – 21:30, maka usulan jumlah gardu yang dibuka sebanyak 2 dengan keadaan gardu dapat beroperasi (tidak rusak), untuk *shift* 3 yaitu pada pukul 21:30 – 05:30 usulan jumlah gardu yang dibuka sebanyak 1 gardu dengan keadaan gardu dapat beroperasi (tidak rusak).

V. Daftar Pustaka

- Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R. (2000). *Simulation Using Promodel*. United States of America: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Nugraha, W Deri. (2014). *Penggunaan Metode Simulasi Untuk Menentukan Jumlah Optimal Gardu Entrance Dan Exit Dari Gerbang Tol Kopo Di Pt. Jasa Marga (Persero), Tbk Cabang Purbaleunyi*. Tugas Akhir. Unikom, Bandung
- Santosa, P. B., & Ashari. (2005). *Analisis Satistik dengan Microsoft Excel & SPSS.* Yogyakarta: ANDI.
- Taha, A Hamdy. (1997). *Riset Operasi: Suatu Pengantar*. Jakarta: Binarupa Aksara.

VI. Biodata

Penulis 1
Nama : Yosi Purnama Putra
Email : edogawayoshimurai@gmail.com
No telp : 081221213896
Program Studi : Teknik Industri

Penulis 2
Nama : Alam Santosa, S.T., M.T.
Email : alam.santosa@gmail.com
Program Studi : Teknik Industri