

SIMULASI PENENTUAN OPTIMASI ARAH TAKSI KOSONG DENGAN GPS DAN METODE MONTE CARLO

Sabungan Halomoan Hutapea *)

Rosita Sinaga **)

ABSTRACT

The development of metropolitan city as Jakarta for years is high, thus the demand for transportation services. Taxi is one of mode transportation which is mostly used by middle to high class people. The problem is, sometimes many people are wasting time for waiting empty taxi, meanwhile many empty taxi are searching for the passenger.

The objective of this simulation model is to direct the taxi movement to get passenger with the help of web based software. So then, there is information to direct the taxi movement to choose the right way to get passenger with high possibility rate of passenger.

The taxi driver is equipped by GPS that will find out the coordinate position data of geographical. To input the data such as position of start-finish and arrival time of passenger it can be done by cellular phone then data will be transmit to website.

Using simulation approaching, a Monte Carlo simulation model can be build that will optimize taxi driver to find passenger. This modeling will be able to estimate the possibility of passenger arrival and distribution of taxi cars in one area. The comparison of simulation without modeling resulted in increment of some aspects, such as increment of delivery services increase to 81.48%, searching time and waiting time become 4.12% and 6.45% respectively.

Keyword: taxi movement, waiting time, travel time, Monte-Carlo Simulation

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan salah satu komponen yang berperan penting dalam kehidupan dan pergerakan masyarakat dalam melakukan aktivitas, apalagi pada kehidupan kota yang serba canggih dan cepat, semua orang terburu-buru, mereka seakan-akan lari dikejar jarum jam. Oleh karena itu, kemudahan pergerakan dari satu tempat ke tempat yang lain menjadi sangat penting, sehingga dituntut kemampuan untuk mengoptimasi biaya dan waktu. Pertumbuhan jumlah penduduk berakibat meningkatkan jumlah pengguna layanan transportasi, sehingga permintaan pelayanan transportasi terus meningkat.

Berbagai solusi diupayakan, penambahan alat transportasi tidak akan menyelesaikan masalah, mengurangi jumlah pengguna juga sangat sulit diupayakan, yang bisa dilakukan adalah mengoptimalkan penggunaan layanan alat transportasi. Alat transportasi sebaiknya tidak terlalu lama tidak berpenumpang sehingga biaya dan waktu perjalanan serta penggunaan jalan lebih efektif sementara itu waktu tunggu penumpang dapat dikurangi dan biaya serta kepuasan penumpang dapat diupayakan.

Salah satu contoh alat transportasi adalah taksi, banyak penumpang yang menghabiskan banyak waktu untuk menunggu kedatangan taksi kosong, sedangkan pada saat bersamaan

banyak taksi kosong yang sedang mencari penumpang dan selama pencarian penumpang ini, taksi-taksi kosong menghabiskan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Memang sungguh ironis, oleh karena itu diperlukan optimasi sehingga biaya dan waktu yang terbuang mampu ditekan rendah.

Rumusan masalah : sejauh mana hasil simulasi dan dengan tanpa pemodelan dapat meningkatkan pelayanan, dan mengurangi waktu pencarian dan waktu tunggu ?

Sehubungan dengan permasalahan di atas, tulisan ini akan membahas tentang simulasi sistem transportasi jika taksi-taksi kosong diberikan pengetahuan dan data *real-time* yang berisi perhitungan dugaan jumlah calon penumpang dan persebaran jumlah taksi-taksi kosong yang lain dengan bantuan GPS untuk mendapatkan posisi terkini taksi.

LANDASAN TEORI

A. Simulasi

Menurut Kelton, Sadowski dan Sturrock (2007, p1-p3), Simulasi merujuk pada kumpulan sejumlah metode dan aplikasi untuk menggambarkan sifat-sifat pada sistem sebenarnya. Simulasi, seperti kebanyakan metode analisis, melibatkan sistem dan model-modelnya. Faktanya, simulasi dapat berupa bentuk yang sangat umum tergantung ide yang diajukan melintasi banyak bidang, industri dan aplikasi. Simulasi semakin terkenal dan canggih sejak komputer dan perangkat lunak semakin maju. Simulasi komputer berhubungan dengan model sebuah sistem. Sistem adalah fasilitas atau proses, yang diaktualisasikan atau direncanakan. Seperti pada banyak kasus, Salah satunya adalah sistem jalan tol, persimpangan, pengendalian, dan kemacetan.

Orang mempelajari sistem untuk mengukur kinerja, meningkatkan operasional atau untuk mendesain sistem baru. Dalam beberapa kasus, terlalu sulit, terlalu mahal, dan sangat tidak mungkin untuk melakukan pembelajaran secara fisik atau nyata. Seperti pada sistem transportasi, sangat sulit untuk menerapkannya pada dunia nyata, karena itu penelitian ini akan mensimulasikan keadaan sebenarnya untuk mendapatkan metode baru demi mendapatkan solusi yang diharapkan.

Pada tulisan ini, akan membahas simulasi yang bersifat dinamis, gabungan kontinu-diskrit, dan stokastik. Simulasi pada perjalanan taksi kosong dalam mencari calon penumpang ini memiliki pola yang diskrit dalam jangka waktu tertentu, sedangkan di dalam jangka waktu tersebut terdapat pola yang berbeda.

Inputan berupa kedatangan jumlah penumpang, serta banyaknya taksi kosong merupakan nilai bersifat stokastik.

B. Metode Simulasi Monte Carlo

Bentuk-bentuk simulasi yang biasa digunakan dalam sistem komputer ada tiga seperti yang diungkapkan oleh Lilja (2003, p183-p185) yaitu:

1. *Discrete-event simulation*, suatu simulasi yang didasarkan pada satuan waktu yang *discrete*.

2. *Emulation*, simulasi operasi yang dilakukan dalam lingkungan yang berbeda dengan aslinya.
3. *Monte-Carlo Simulation*, simulasi yang berubah sepanjang waktu (*continue*) hingga mencapai *equilibrium*.

Simulasi Monte-Carlo merupakan simulasi terhadap sampling yang bertujuan untuk mengestimasi distribusi dari variabel output yang bergantung pada beberapa variabel input yang probabilistik (Erma Suryani, 2006, p19). Dalam bukunya ini, Erma Suryani juga menyebutkan bahwa istilah simulasi Monte-Carlo pertama digunakan selama masa pengembangan bom atom yang merupakan nama kode dari simulasi fisi nuklir (*nuclear fission*). Banyak para peneliti menggunakan istilah ini karena terkenal di Monte-Carlo Monaco. Simulasi Monte-Carlo sering digunakan untuk evaluasi dampak perubahan *policy* dan resiko dalam pembuatan keputusan.

Menurut artikel dari vertex42.com, Simulasi Monte-Carlo adalah metode untuk mengevaluasi secara berulang model deterministik menggunakan set angka acak sebagai inputan. Metode ini sering digunakan ketika model adalah kompleks, nonlinear, atau lebih dari sekedar melibatkan beberapa parameter tak tentu. Simulasi biasanya dapat melibatkan lebih dari 10.000 evaluasi dari model, tugas yang pada masa lampau itu praktis hanya menggunakan *super komputer*.

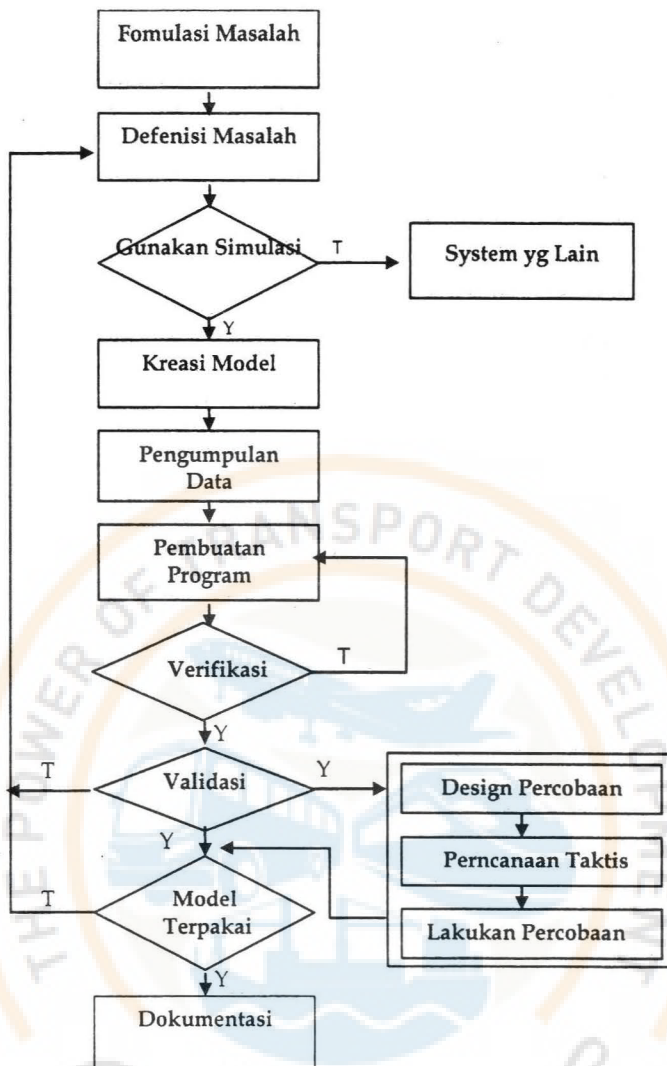
Dengan menggunakan inputan acak, dasar model deterministik akan digantikan menjadi model stokastik. Dengan menggunakan angka acak sederhana seragam sebagai inputan untuk model. Namun, yang seragam distribusi bukanlah satu-satunya cara untuk mewakili ketidakpastian.

Langkah-langkah dalam melakukan simulasi Monte Carlo adalah

1. Pembuatan model parametrik, $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.
2. Bangkitkan kumpulan inputan acak, $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}$.
3. Evaluasi model dan kumpulkan hasil perhitungan y .
4. Ulangi langkah 2 dan 3 untuk $i=0$ sampai n .
5. Analisis hasil menggunakan histogram, statistik ringkasan, selang kepercayaan dan sebagainya.

C. Tahapan Kerja Simulasi

Supaya penyusunan program simulasi dapat berjalan dengan baik diperlukan langkah-langkah yang sederhana tetapi sistematis. Langkah-langkah dalam melakukan simulasi dapat dilihat pada gambar 1.

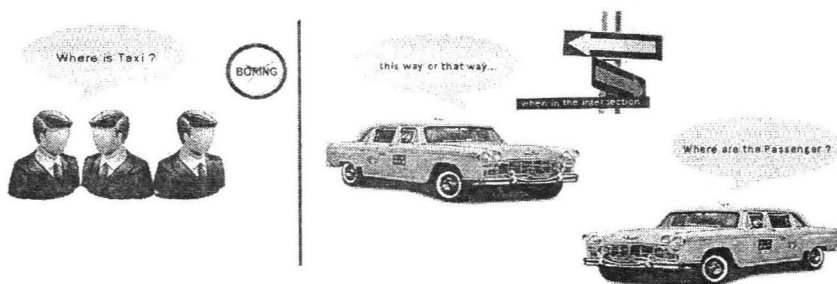


Gambar 1. Langkah-Langkah Sistematis Simulasi

PERANCANGAN SIMULASI

A. Analisis dan Penentuan Kebutuhan Sistem

Permasalahan yang dihadapi adalah terdapat banyak waktu dan energi yang terbuang percuma saat sebuah taksi kosong terlalu lama mencari penumpang, sedangkan di sisi lain pada waktu yang bersamaan calon penumpang juga menghabiskan waktu untuk menunggu dan mengantri. Supir taksi hanya mengandalkan pengetahuan dari hasil pembelajaran *day-to-day-within-day* dalam memutuskan arah pencarian penumpang. Operasional dan pelayanan taksi menjadi tidak optimal, sehingga perusahaan pengelola taksi tidak dapat menekan biaya operasional.



Gambar 2. Transportation Issue

Pada tulisan ini, masalah-masalah yang akan dibahas lebih rinci dan disertakan solusinya adalah:

Bagaimana menentukan arah terbaik taksi kosong untuk mendapatkan optimasi biaya dan waktu pencarian penumpang oleh taksi kosong serta waktu dan kepuasan penumpang taksi?

B. Solusi yang Ditawarkan

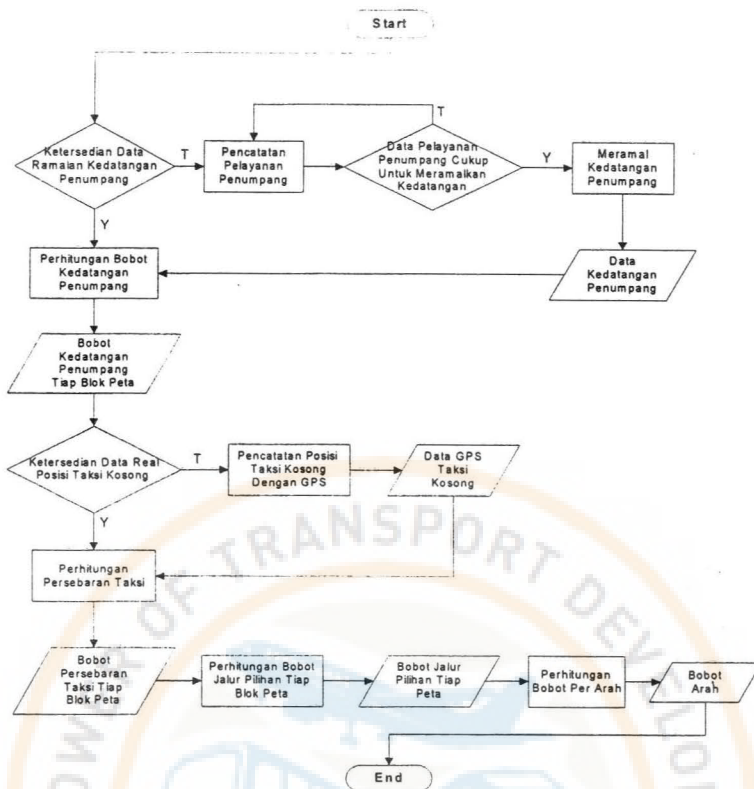
Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan alat transportasi ini, akan dirancang sistem yang dapat menyediakan informasi persebaran taksi-taksi lainnya dan informasi peramalan data kedatangan penumpang agar taksi kosong dapat menentukan arah selanjutnya, sehingga mengurangi durasi pencarian penumpang oleh taksi dan waktu tunggu calon penumpang dapat diminimalkan. Informasi persebaran taksi yang diberikan berdasarkan posisi taksi dengan teknologi GPS, sedangkan kedatangan penumpang akan berdasarkan data-data sebelumnya kemudian akan dilakukan peramalan kedatangan yang mendatang.

Penyedia informasi yang berada di *server* adalah program yang dapat mengatur inputan dan menampilkan gambaran secara nyata posisi taksi. Sedangkan program *client* mendapatkan informasi berupa bobot pemilihan arah dan pemilihan blok.

C. Rancangan Sistem Simulasi

Sehubungan dengan permasalahan di atas, solusi yang akan diberikan pada tulisan ini adalah rancangan sistem yang menyertakan penyampaian informasi kepada supir taksi berupa bobot pemilihan pada satu blok wilayah yang mana di pengaruhi oleh bobot ramalan kedatangan penumpang dan bobot persebaran taksi-taksi kosong lainnya. Selain itu, juga disediakan informasi bobot pemilihan arah yang dipengaruhi oleh bobot pemilihan beberapa blok pada arah yang bersangkutan.

Dengan perkembangan teknologi yang begitu canggih, pemberian informasi setiap waktu diharapkan dapat menyelesaikan masalah kurang optimalnya pengoperasian layanan taksi. Informasi yang diberikan diharapkan dapat memberi inputan bagi supir taksi dalam memutuskan arah pencarian penumpang, selain itu informasi juga akan disertai dengan anjuran/ rujukan arah pencarian penumpang. Rujukan ini akan diberikan pada saat taksi menjadi kosong atau pada saat taksi membutuhkan arahan. Arahan berupa beberapa nilai matematis sebagai prioritas dan bobot baik tidaknya satu arah dipilih, semakin besar nilainya semakin besar kemungkinan mendapatkan calon penumpang.



Gambar 3. Rancangan Sistem Sebenarnya

Sistem yang dirancang memiliki beberapa proses utama yaitu pengumpulan data kedatangan oleh taksi pada setiap pengantaran, kemudian inputan data kedatangan ini akan menjadi inputan untuk meramal data kedatangan selanjutnya. Sistem juga dapat menerima inputan posisi taksi yang didapat dari GPS secara terus menerus. Kemudian dilanjutkan dengan proses penghitungan bobot pemilihan satu blok wilayah yang menggambarkan seberapa baik blok wilayah ini dipilih sebagai tujuan taksi kosong.

Dengan hanya melihat bobot-bobot ini, sebuah taksi mungkin akan kesulitan dalam memutuskan arah yang akan di tempuh menuju posisi tersebut, atau mungkin dengan hanya data bobot pemilihan blok ini, supir taksi tetap sulit memutuskan tujuan, Sehingga sistem juga dirancang untuk dapat memberikan data bobot pemilihan arah sebagai rujukan atau anjuran arah terbaik yang dapat dipilih.

Walaupun sistem mengarahkan taksi pada blok tertentu, namun diharapkan taksi tersebut dapat menemukan penumpang secepat mungkin walaupun belum tiba di wilayah tersebut. Oleh karena itu, pemilihan arah taksi kemudian menjadi penting, dan untuk itulah sistem dirancang akan memberikan informasi bobot 8 arah. Dengan adanya bobot ini, diharapkan taksi dapat menemukan penumpang dalam perjalanan mengikuti arahan dari sistem.

Informasi persebaran taksi akan dilakukan pembaharuan terus menerus sesuai dengan posisi taksi terkini. Untuk melakukan implementasi pada sistem ini dibutuhkan sebuah komputer sebagai *server* dan GPS pada masing-masing taksi sebagai *client*.

D. Rancangan Sistem Sebenarnya

Sistem sebenarnya yang dirancang di atas sulit untuk diimplementasikan secara langsung pada dunia nyata. Oleh karena itu alternatif pemecahan masalah yang diberikan pada penelitian ini adalah berupa program simulasi. Aplikasi simulasi akan dibuat menyerupai keadaan sebenarnya, namun masih dalam batasan permasalahan yang telah ditetapkan sebelumnya dan terdapat batasan seperti pada proses penginputan data.

Beberapa proses seperti penerimaan posisi taksi kosong akan digantikan dengan proses pengacakan, kemudian data kedatangan penumpang yang dijadikan inputan untuk meramalkan data kedatangan juga akan diacak. Program simulasi mungkin bisa tidak sama dengan sistem sebenarnya, namun aplikasi simulasi ini akan dirancang sehingga sistem pada simulasi menyerupai sistem pada dunia nyata.

Proses pencatatan data kedatangan penumpang yang pada sistem sebenarnya didapat dari data yang dikirim taksi pada saat mendapatkan penumpang baru, kemudian pada sistem simulasi digantikan dengan pengacakan kedatangan penumpang dengan bobot permintaan penumpang yang telah disediakan sebelumnya (bobot hanya nilai rekaan sebagai inputan yang akan dapat mengontrol kedatangan).

Untuk data GPS taksi kosong digantikan dengan data hasil pengacakan posisi taksi dengan pengaruh posisi sebelumnya, kecepatan (waktu setiap pergerakan dan jarak yang dapat ditempuh) serta arah pergerakan.

E. Rancangan Input

Dalam sistem yang dirancang, dibutuhkan beberapa data inputan seperti berikut:

1. Peta

Pada sistem yang akan dirancang, data peta dapat diperbaharui untuk menyesuaikan kondisi sebenarnya. Suatu blok peta pada skala terkecil diambil merupakan data awal. Peta kemudian akan dibagi menjadi blok-blok yang akan mempermudah kepemilikan nilai bobot. Pada program yang akan dibuat, peta akan terdiri dari 4 wilayah dan kemudian satu wilayah dibagi lagi menjadi 6 x 6 bagian, sehingga total keseluruhan adalah 12 x 12 blok. Setiap kotak atau blok dalam peta akan memerlukan gambar peta berukuran tertentu seperti 318 x 249 pixel dan 396 x 249 pixel. Jumlah pixel seluruh peta jika digabungkan adalah 4440 x 2988 pixel. rata-rata pixel yang dapat dilalui taksi dalam satuan 1 detik durasi (1 menit sebenarnya) adalah 40 pixel.

2. Derajat Lintang dan Bujur

Pada rancangan sistem sebenarnya penggunaan alat GPS mengembalikan posisi lintang dan bujur secara berkala, sedangkan pada sistem simulasi, program akan mengkonversi nilai lintang dan bujur ke dalam skala pixel dalam peta. Untuk itu, dibutuhkan beberapa patokan lintang dan bujur dalam peta. Patokan ini berada pada 4 titik utama pada setiap sudut peta dengan nilai lintang dan bujurnya seperti pada Tabel 1. Kemudian akan dibuatkan model yang akan digunakan untuk proses pengkonversian untuk mendapatkan nilai lintang dan bujur dari pixel-pixel pada keempat sudut. Model digunakan untuk mendapatkan posisi taksi pada peta dalam program simulasi.

3. Bobot kedatangan penumpang pada setiap kotak

Pada rancangan sistem sebenarnya, bobot kedatangan penumpang pada setiap blok tidak diperlukan. Bobot kedatangan penumpang dalam program simulasi digunakan untuk mendapatkan data kedatangan. Bobot kedatangan penumpang didapat dengan melakukan pengacakan untuk setiap blok. Inputan berupa nilai minimum dan nilai toleransi bobot akan diberikan untuk proses pengacakan ini. Program membutuhkan bobot kedatangan penumpang sehingga persebaran kedatangan penumpang dapat dikendalikan. Setiap kotak dalam peta akan mendapatkan bobot kedatangan penumpang yang bisa diatur untuk mendapatkan simulasi yang lebih baik.

4. Posisi awal taksi

Pada rancangan sistem sebenarnya, data persebaran taksi didapatkan *actual* dan *real-time* dengan teknologi GPS. Karena sangat tidak memungkinkan untuk mendapatkan posisi taksi terkini maka untuk simulasi dilakukan pengacakan posisi awal taksi. Simulasi yang dirancang mengambil kondisi yang seluruh posisi awal taksi tidak berada pada satu tempat yang sama, dikarenakan program akan membutuhkan waktu penyebaran taksi-taksi dalam simulasi, sehingga diasumsikan program akan mensimulasikan kondisi yang sedang berjalan.

5. Kecepatan rata-rata setiap periode dalam simulasi

Nilai kecepatan menjadi inputan yang akan mempengaruhi posisi taksi berikutnya setiap satuan waktu yang ditetapkan. Inputan-inputan diatas kemudian akan menghasilkan output yang kemudian juga merupakan inputan pada proses selanjutnya, yaitu:

a. Data kedatangan calon penumpang

Setelah data pencatatan kedatangan penumpang cukup banyak, aplikasi kemudian melakukan peramalan waktu dan posisi kedatangan penumpang selanjutnya berdasarkan data pencatatan waktu dan posisi sebelumnya. Bukan hanya itu, untuk menjalankan simulasi agar dapat mengatur posisi pengantaran dan waktu yang dibutuhkan untuk mengantarkan penumpang, maka variabel-variabel ini kemudian diikuti sebagai output hasil pengacakan.

b. Posisi taksi

Dengan menggunakan kecepatan rata-rata dan beberapa posisi terakhir taksi, akan dihitung posisi taksi berikutnya. Untuk dapat membandingkan hasil dengan menyediakan informasi dan menerapkan arahan oleh supir taksi dengan kondisi tanpa informasi dan supir hanya berdasarkan pembelajaran *day-to-day-within-day* simulasi akan memiliki dua skenario.

- 1) Skenario pertama, perhitungan posisi taksi selanjutnya tanpa arahan sehingga pemilihan dilakukan secara acak. Hanya berdasarkan arah sebelumnya dan kecepatan.
- 2) Skenario kedua, perhitungan posisi taksi selanjutnya dengan berdasarkan arahan yang diberikan. Arahan berupa pengecekan bobot pada 8 arah, dan pemilihan akan jatuh pada arah dengan bobot tertinggi. Posisi taksi selanjutnya adalah

posisi taksi sekarang ditambah jarak yang dapat ditempuh sesuai dengan kecepatan dan arah dari arahan simulasi.

c. Bobot persebaran taksi

Setelah mendapatkan posisi taksi kemudian dapat dihitung bobot persebaran taksi pada setiap wilayah yang kemudian bobot ini dan bobot kedatangan pada satu blok mempengaruhi nilai rujukan blok.

F. Rancangan Output

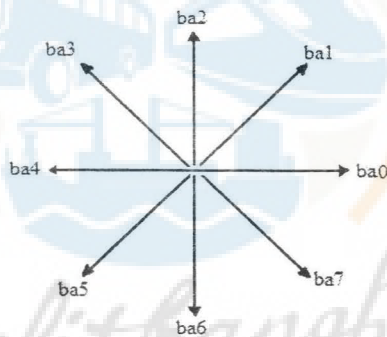
Pada sistem simulasi yang dirancang, beberapa output yang ingin didapatkan yaitu perbandingan sistem pemodelan dan tanpa pemodelan pada variabel-variabel berikut:

1. Bobot pemilihan pada setiap blok

Bobot blok ini diberikan untuk mempermudah supir dalam menentukan keputusan wilayah yang ingin dituju. Pada tampilannya, bobot ini akan diwakili dengan warna sehingga pada wilayah dengan bobot yang tinggi lebih mudah dikenali.

2. Bobot pemilihan pada 8 arah

Dengan mengetahui bobot wilayah saja, supir taksi mungkin mendapat kesulitan dalam memutuskan apakah ia mesti menuju ke satu wilayah dengan bobot tinggi namun dikelilingi wilayah dengan bobot yang rendah. Oleh karena itu aplikasi akan dilengkapi dengan fitur perhitungan bobot arah yaitu 8 arah yang dapat dipilih supir.



Gambar 4. Bobot Arah

3. Optimasi

Beberapa optimasi yang diharapkan dapat dicapai dalam membandingkan hasil simulasi dengan dan tanpa perhitungan bobot dengan pemodelan adalah sebagai berikut:

- Jumlah pelayanan pengantaran (*amount of driving services*)
- Waktu tunggu penumpang (*waiting time*), nilai ini akan mewakili optimasi pada tingkat kepuasan penumpang.
- Waktu pencarian penumpang (*searching time*), nilai ini akan mewakili optimasi pada biaya operasional.

G. Rancangan Model

Pada sistem simulasi yang ingin dirancang akan menggunakan model-model dengan variabel-variabel berikut :

Agc	=Angle / arah pergerakan taksi	At	= Toleransi Angle (inputan)
Arc	= Kode Arah pada taksi ke c	Ct	= konstanta model persebaran taksi
DTc	= Distance/jarak ke posisi selanjutnya ditempuh dalam 1 detik durasi	Dm	= Minimum Distance (inputan)
LDTc	= Last Distance / jarak ke posisi selanjutnya yang dapat ditempuh dalam 1 detik durasi simulasi.	Dt	= Tolerance Distance (inputan)
LPTyc	= Posisi terakhir pixel y taksi ke c (taxi last position)	Cu	= konstanta model kedatangan penumpang
PTxc	= Posisi pixel x taksi ke c	LAgc	= Last Angle / arah pergerakan taksi sebelumnya
PTyc	= Posisi pixel y taksi ke c	LPTxc	= Posisi terakhir pixel x taksi ke c (taxi last position)
UbK	= Penumpang ramalan ke k	MinLatitude	= Minimum koordinat geografis lintang
Upk	= Penumpang ramalan ke k / penumpang pengacakan ke k pada paket ke p	MinLongitude	= Minimum koordinat geografis bujur
WRUij	= Bobot Permintaan Penumpang pada blok baris i dan kolom ke j	MinX	= Minimum pixel X
WTij	= bobot persebaran taksi pada blok baris ke i dan kolom ke j	MinY	= Minimum pixel Y
WUij	= bobot kedatangan penumpang pada blok baris ke i dan kolom ke j	RangeLatitude	= Selisih maksimum dan minimum koordinat geografis lintang
Wij	= bobot pemilihan blok pada baris ke i dan kolom ke j	RangeLongitude	= Selisih maksimum dan minimum koordinat geografis bujur
tij	= Jumlah taksi pada posisi blok ke i dan kolom j yang berstatus kosong	RangeX	= Maksimum pixel X – minimum pixel X
uij	= Jumlah penumpang ramalan pada blok baris ke i dan kolom ke j yang sedang menunggu	RangeY	= Maksimum pixel Y – minimum pixel Y
		b	= Posisi bujur koordinat geografis.
		l	= Posisi lintang koordinat geografis.
		x	= Posisi x pixel
		y	= Posisi y pixel

1. Model Pengacakan posisi awal taksi

Untuk melakukan pengacakan posisi awal taksi, model yang digunakan untuk mendapatkan posisi x dan y taksi dalam peta, serta arah dan jarak menuju ke posisi selanjutnya.

$$PTxc = MinX + random(RangeX)$$

$$PTyc = MinY + random(RangeY)$$

$$Agc = random(360)$$

$$DTc = Dm + random(Dt)$$

(1)

(2)

(3)

(4)

2. Model pengacakan posisi taksi selanjutnya.

Model pengacak posisi taksi selanjutnya membutuhkan posisi taksi sebelumnya kemudian dipengaruhi oleh jarak dan arah menuju posisi selanjutnya. Seterusnya akan dihitung arah dan jarak untuk menuju ke posisi selanjutnya lagi. Untuk menghitung jarak dapat digunakan **Persamaan (4)**.

$$PTxc = LPTxc + Cos Agc \times LDTc$$

$$PTyc = LPTyc + Sin Agc \times LDTc$$

(5)

(6)

Dan untuk mendapatkan arah pada simulasi secara random model yang digunakan adalah **Persamaan (7)**. Sedangkan pada simulasi dengan pemodelan arah, perhitungan arah akan dipengaruhi oleh bobot arah terbesar, sehingga perlu diketahui perhitungan bobot arah.

$$Agc = LAgc + random (At)$$

(7)

3. Model Konversi posisi lintang dan bujur menjadi koordinat x dan y pixel.
- $$x = \text{MinX} + (b \times 3600 - \text{MinLongitude}) \text{RangeLongitude} \times \text{RangeX} \dots\dots\dots (8)$$
- $$y = \text{MinY} + (l \times 3600 - \text{MinLatitude}) \text{RangeLatitude} \times \text{RangeY} \dots\dots\dots (9)$$
4. Model konversi koordinat x dan y pixel menjadi posisi koordinat geografis lintang dan bujur.
- $$b = (\text{MinLongitude} + x - \text{MinX} \text{RangeX} \times \text{RangeLongitude}) / 3600 \dots\dots\dots (10)$$
- $$j = (\text{MinLongitude} + y - \text{MinY} \text{RangeY} \times \text{RangeLatitude}) / 3600 \dots\dots\dots (11)$$
5. Model peramalan data penumpang ataupun model pengacakan data kedatangan
- Variabel-variabel yang mempengaruhi model adalah bobot permintaan penumpang (pengacakan) dan data kedatangan (hasil pengacakan atau hasil peramalan)

$$WRU_{ij} = \text{MinWRU} + \text{Random} (WRU_{\text{Tolerance}}) \dots\dots\dots (12)$$

$$U_{pk} = \frac{\sum_{p=1}^3 U_{pk}}{3} \dots\dots\dots (13)$$

Pada paket pertama, kedua dan ketiga sebelum dapat dilakukan peramalan, data penumpang akan diacak. Pengacakan pertama akan menggunakan bobot permintaan penumpang (50JÜ50EÜ50HÜ50VÜ50WÜ), semakin besar bobot permintaan penumpang pada satu blok semakin besar pula kemungkinan kedatangan penumpang pada blok tersebut. Kemudian untuk pengacakan kedua dan ketiga diacak berdasarkan data paket pertama, karena diasumsikan pola kedatangan yang sama pada waktu yang sama, sehingga kedatangan penumpang pada paket kedua dan ketiga diacak mengikuti paket sebelumnya.

6. Model perhitungan bobot kedatangan penumpang
- Variabel yang mempengaruhi model adalah data ramalan penumpang dan konstanta yang berikan dalam paket simulasi.
- $$WU_{ij} \times C_u \times u_{ij} \dots\dots\dots (14)$$
7. Model perhitungan bobot persebaran taksi
- Variabel-variabel yang mempengaruhi model adalah seluruh posisi dan status kosong dan tidak kosong.
- $$WT_{ij} = C_t \times t_{ij} \dots\dots\dots (15)$$
8. Model perhitungan bobot pemilihan blok
- Variabel-variabel yang mempengaruhi model adalah bobot permintaan penumpang dan bobot persebaran taksi kosong.
- $$W_{ij} = W_{u_{ij}} - WT_{ij} \dots\dots\dots (16)$$
9. Model perhitungan bobot per arah
- Variabel yang mempengaruhi adalah bobot pemilihan blok (W_{ij} = *Weight* pada baris ke i dan kolom ke j)

Tabel 1. Blok Wilayah yang Mempengaruhi Bobot Pemilihan Arah

Arc	Sudut		Blok			Model		
0	0°-45°	$W_{i-2,j-2}$	$W_{i-2,j-1}$	$W_{i-2,j}$	$W_{i-2,j+1}$	$W_{i-2,j+2}$	$W_{i-1,j+1} + \frac{(W_{i-2,j+1}+W_{i-2,j+2}+W_{i-1,j+2})}{3}$ $W_{Arij} = \frac{2}{j+1}$	(17)
		$W_{i-1,j-2}$	$W_{i-1,j-1}$	$W_{i-1,j}$	$W_{i-1,j+1}$	$W_{i-1,j+2}$		
		$W_{i,j-2}$	$W_{i,j-1}$	$W_{i,j}$	$W_{i,j+1}$	$W_{i,j+2}$		
		$W_{i+1,j-2}$	$W_{i+1,j-1}$	$W_{i+1,j}$	$W_{i+1,j+1}$	$W_{i+1,j+2}$		
		$W_{i+2,j-2}$	$W_{i+2,j-1}$	$W_{i+2,j}$	$W_{i+2,j+1}$	$W_{i+2,j+2}$		
1	45°-90°	$W_{i-2,j-2}$	$W_{i-2,j-1}$	$W_{i-2,j}$	$W_{i-2,j+1}$	$W_{i-2,j+2}$	$W_{i-1,j} + ? \quad w_{i-2,n}$ $W_{Arij} = \frac{2}{n=j-1}$	(18)
		$W_{i-1,j-2}$	$W_{i-1,j-1}$	$W_{i-1,j}$	$W_{i-1,j+1}$	$W_{i-1,j+2}$		
		$W_{i,j-2}$	$W_{i,j-1}$	$W_{i,j}$	$W_{i,j+1}$	$W_{i,j+2}$		
		$W_{i+1,j-2}$	$W_{i+1,j-1}$	$W_{i+1,j}$	$W_{i+1,j+1}$	$W_{i+1,j+2}$		
		$W_{i+2,j-2}$	$W_{i+2,j-1}$	$W_{i+2,j}$	$W_{i+2,j+1}$	$W_{i+2,j+2}$		
2	90°-135°	$W_{i-2,j-2}$	$W_{i-2,j-1}$	$W_{i-2,j}$	$W_{i-2,j+1}$	$W_{i-2,j+2}$	$W_{i-1,j+1} + \frac{(W_{i-2,j+1}+W_{i-2,j+2}+W_{i-1,j+2})}{3}$ $W_{Arij} = \frac{2}{j+1}$	(19)
		$W_{i-1,j-2}$	$W_{i-1,j-1}$	$W_{i-1,j}$	$W_{i-1,j+1}$	$W_{i-1,j+2}$		
		$W_{i,j-2}$	$W_{i,j-1}$	$W_{i,j}$	$W_{i,j+1}$	$W_{i,j+2}$		
		$W_{i+1,j-2}$	$W_{i+1,j-1}$	$W_{i+1,j}$	$W_{i+1,j+1}$	$W_{i+1,j+2}$		
		$W_{i+2,j-2}$	$W_{i+2,j-1}$	$W_{i+2,j}$	$W_{i+2,j+1}$	$W_{i+2,j+2}$		
3	135°-180°	$W_{i-2,j-2}$	$W_{i-2,j-1}$	$W_{i-2,j}$	$W_{i-2,j+1}$	$W_{i-2,j+2}$	$W_{i-1,j+1} + ? \quad w_{n,j-2}$ $W_{Arij} = \frac{2}{n=i-1}$	(20)
		$W_{i-1,j-2}$	$W_{i-1,j-1}$	$W_{i-1,j}$	$W_{i-1,j+1}$	$W_{i-1,j+2}$		
		$W_{i,j-2}$	$W_{i,j-1}$	$W_{i,j}$	$W_{i,j+1}$	$W_{i,j+2}$		
		$W_{i+1,j-2}$	$W_{i+1,j-1}$	$W_{i+1,j}$	$W_{i+1,j+1}$	$W_{i+1,j+2}$		
		$W_{i+2,j-2}$	$W_{i+2,j-1}$	$W_{i+2,j}$	$W_{i+2,j+1}$	$W_{i+2,j+2}$		
4	180°-225°	$W_{i-2,j-2}$	$W_{i-2,j-1}$	$W_{i-2,j}$	$W_{i-2,j+1}$	$W_{i-2,j+2}$	$W_{i-1,j+1} + \frac{(W_{i-2,j+1}+W_{i-2,j+2}+W_{i-1,j+2})}{3}$ $W_{Arij} = \frac{2}{j+1}$	(21)
		$W_{i-1,j-2}$	$W_{i-1,j-1}$	$W_{i-1,j}$	$W_{i-1,j+1}$	$W_{i-1,j+2}$		
		$W_{i,j-2}$	$W_{i,j-1}$	$W_{i,j}$	$W_{i,j+1}$	$W_{i,j+2}$		
		$W_{i+1,j-2}$	$W_{i+1,j-1}$	$W_{i+1,j}$	$W_{i+1,j+1}$	$W_{i+1,j+2}$		
		$W_{i+2,j-2}$	$W_{i+2,j-1}$	$W_{i+2,j}$	$W_{i+2,j+1}$	$W_{i+2,j+2}$		
5	225°-270°	$W_{i-2,j-2}$	$W_{i-2,j-1}$	$W_{i-2,j}$	$W_{i-2,j+1}$	$W_{i-2,j+2}$	$W_{i-1,j} + ? \quad w_{i+2,n}$ $W_{Arij} = \frac{2}{n=j-1}$	(22)
		$W_{i-1,j-2}$	$W_{i-1,j-1}$	$W_{i-1,j}$	$W_{i-1,j+1}$	$W_{i-1,j+2}$		
		$W_{i,j-2}$	$W_{i,j-1}$	$W_{i,j}$	$W_{i,j+1}$	$W_{i,j+2}$		
		$W_{i+1,j-2}$	$W_{i+1,j-1}$	$W_{i+1,j}$	$W_{i+1,j+1}$	$W_{i+1,j+2}$		
		$W_{i+2,j-2}$	$W_{i+2,j-1}$	$W_{i+2,j}$	$W_{i+2,j+1}$	$W_{i+2,j+2}$		
6	270°-315°	$W_{i-2,j-2}$	$W_{i-2,j-1}$	$W_{i-2,j}$	$W_{i-2,j+1}$	$W_{i-2,j+2}$	$W_{i-1,j+1} + \frac{(W_{i-2,j+1}+W_{i-2,j+2}+W_{i-1,j+2})}{3}$ $W_{Arij} = \frac{2}{j+1}$	(23)
		$W_{i-1,j-2}$	$W_{i-1,j-1}$	$W_{i-1,j}$	$W_{i-1,j+1}$	$W_{i-1,j+2}$		
		$W_{i,j-2}$	$W_{i,j-1}$	$W_{i,j}$	$W_{i,j+1}$	$W_{i,j+2}$		
		$W_{i+1,j-2}$	$W_{i+1,j-1}$	$W_{i+1,j}$	$W_{i+1,j+1}$	$W_{i+1,j+2}$		
		$W_{i+2,j-2}$	$W_{i+2,j-1}$	$W_{i+2,j}$	$W_{i+2,j+1}$	$W_{i+2,j+2}$		
7	315°-360°	$W_{i-2,j-2}$	$W_{i-2,j-1}$	$W_{i-2,j}$	$W_{i-2,j+1}$	$W_{i-2,j+2}$	$W_{i,j+1} + ? \quad w_{n,j+2}$ $W_{Arij} = \frac{2}{n=i-1}$	(24)
		$W_{i-1,j-2}$	$W_{i-1,j-1}$	$W_{i-1,j}$	$W_{i-1,j+1}$	$W_{i-1,j+2}$		
		$W_{i,j-2}$	$W_{i,j-1}$	$W_{i,j}$	$W_{i,j+1}$	$W_{i,j+2}$		
		$W_{i+1,j-2}$	$W_{i+1,j-1}$	$W_{i+1,j}$	$W_{i+1,j+1}$	$W_{i+1,j+2}$		
		$W_{i+2,j-2}$	$W_{i+2,j-1}$	$W_{i+2,j}$	$W_{i+2,j+1}$	$W_{i+2,j+2}$		

Untuk menghitung bobot delapan arah, daerah-daerah yang mempengaruhi nya adalah wilayah yang berdekatan minimum 2 blok secara horizontal, vertikal maupun diagonal. Berikut disajikan model pada masing-masing blok pada Tabel 1. datas

Kemudian setelah mendapatkan arah dengan bobot tertinggi, pemilihan arah dilakukan taksi yang kemudian mengarahkan taksinya dengan perhitungan.

H. Hasil Program Simulasi dengan Program

Pengujian program simulasi dilakukan untuk membandingkan pengaruh penggunaan pemodelan pada penentuan arah taksi kosong dilakukan pada beberapa iterasi simulasi.

1. Simulasi dilakukan dengan dua skenario yaitu:

- Random/tanpa pemodelan
- Dengan pemodelan penentuan arah

2. Setiap skenario dilakukan simulasi sebanyak 30 kali iterasi.
3. Satu iterasi simulasi berdurasi 10 menit.
4. 10 menit simulasi diasumsikan perjalanan 10 jam sebenarnya.
5. Jumlah taksi dalam satu simulasi adalah 30 buah.
6. Jumlah data kedatangan penumpang adalah 300 penumpang.
7. *UserTimeScale* bernilai 2, sehingga durasi kedatangan 2 detik/ penumpang yaitu mewakili 2 menit/penumpang dalam dunia nyata.
8. Batas lama penumpang menunggu adalah 20 detik (20 menit sebenarnya)
9. Toleransi arah pada adalah simulasi random adalah 1000.
10. Kecepatan taksi adalah 20-50 pixel perdetik simulasi.
11. *Refresh Rate* yang digunakan dalam simulasi adalah 100 yaitu perjalanan taksi satu detik digambarkan dalam grafik yang melakukan *refresh* sebanyak 10 kali, atau 100ns.
12. *TaxiGetPassengerScale* bernilai 40 yaitu dengan jarak minimum 40 pixel, penumpang dan taksi diasumsikan telah bertemu.
13. Jumlah taksi, jumlah data kedatangan, *UserTimeScale*, *TaxiGetPassengerScale*, diinput pada saat membuat paket simulasi.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Simulasi

Tipe Simulasi	Random	Model
Jumlah Iterasi	30	30
Rata-2 Jumlah Pelayanan Pengantaran	54 Penumpang	98 Penumpang
Rata-Rata Waktu Pencarian	17096 Detik	16391 Detik
Rata-Rata Waktu Tunggu	10832 Detik	10133 Detik
Maksimal Waktu Pencarian	18000 Detik	18000 Detik
Maksimal Waktu Tunggu	12000 Detik	12000 Detik

Pada tabel 2, ditampilkan data hasil simulasi dengan tipe random dan model. Pada simulasi random, rata-rata jumlah pelayanan pengantaran adalah 54 penumpang, sedangkan pada simulasi model, rata-rata jumlah pelayanan pengantaran mencapai 98 penumpang. Rata-rata waktu pencarian pada simulasi random dan model secara berukuran adalah 17096 detik dan 16391 detik. Kemudian Rata-rata waktu tunggu penumpang adalah 10832 detik untuk simulasi random dan 10133 detik untuk simulasi model.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Random dan Model

Tipe Simulasi	Rata-Rata Jumlah Pengantaran	Rata-Rata Waktu Pencarian	Rata-Rata Waktu Tunggu
Random	54	17096	10832
Model	98	16391	10133
Model - Random	44	-705	-699
Persentase Perbandingan	81.48%	-4.12%	-6.45%

Berdasarkan data **tabel 3**, setelah menbandingkan simulasi random dan dengan pemodelan, didapatkan peningkatan pelayanan sebanyak 44 penumpang lebih banyak jika dibanding dengan simulasi random yaitu 54 penumpang, peningkatan ini mencapai 81.48% terhadap pelayanan simulasi random. Simulasi pemodelan juga mencapai penurunan waktu pencarian dan waktu tunggu masing-masing sebanyak 4.12% dan 6.45% dibanding simulasi secara random.

Tabel 4. Efisiensi Random dan Model

Tipe Simulasi	Rata-Rata Persentase Pelayanan Pengantaran	Rata-Rata Persentase Waktu Pencarian	Rata-Rata Persentase Waktu Tunggu Penumpang
Random	18.00%	94.98%	90.27%
Model	32.67%	91.06%	84.44%
Efisiensi	14.67%	-3.92%	-5.82%

Pada **tabel 4**, perbandingan dilakukan dengan angka maksimum tiap variabel. Untuk pelayanan pengantaran pembanding adalah jumlah penumpang dalam paket yaitu 300 penumpang. Sedangkan pembanding waktu pencarian adalah 18000 detik yaitu 10 menit durasi dikali 60 detik dikasi 30 taksi. Pembanding waktu tunggu adalah 12000 detik yaitu 300 penumpang dikali 2 *UserTimeScale* dikali 20 detik waktu tunggu tiap penumpang.

Jumlah pelayanan pengantaran yang dapat dicapai meningkat setelah menerapkan model penentuan arah pada taksi kosong, jumlah pelayanan pengantaran meningkat 14.67% lebih efisien daripada simulasi random. Begitu juga dengan waktu pencarian dan waku tunggu yang mencapai efisiensi sebesar 3.92% dan 5.82%.

PENUTUP

Dari hasil evaluasi terhadap aplikasi dan hasil simulasi, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

A. Kesimpulan

1. Dengan melakukan perbandingan hasil simulasi dengan dan tanpa pemodelan, didapatkan peningkatan jumlah pelayanan pengantaran mencapai 81.48%. Begitu juga dengan waktu pencarian dan waktu tunggu masing-masing 4.12% dan 6.45% lebih rendah dibanding dengan tanpa pemodelan penentuan arah.
2. Persentase jumlah pelayanan pengantaran terhadap total jumlah kedatangan meningkat 14.67%, sedangkan persentase total waktu pencarian menurun 3.92%. Penurunan juga terjadi pada variabel waktu tunggu penumpang yang mencapai 5.82%. Angka ini menunjukkan efisiensi operasional taksi.
3. Pengujian beda nilai tengah pada jumlah pelayanan pengantaran, waktu pencarian dan waktu tunggu menghasilkan keputusan untuk menolak H_0 dan dapat disimpulkan bahwa dengan menerapkan model penentuan arah pada taksi kosong, terdapat pengaruh yang signifikan dengan selang kepercayaan 95%. Pengaruh yang didapatkan adalah peningkatan jumlah pelayanan pengantaran dan penurunan waktu pencarian dan waktu tunggu.
4. Simulasi dapat memberikan informasi lebih berupa bobot pemilihan suatu blok sehingga supir taksi dapat mengetahui persebaran taksi kosong lainnya. Bobot pemilihan berdasarkan informasi persebaran taksi dan peramalan kedatangan, semakin banyak

calon penumpang yang membutuhkan, semakin tinggi bobot. Namun semakin banyak jumlah taksi pada blok tersebut semakin kecil nilai bobot pemilihannya.

5. Simulasi juga memberikan pengarahan berupa bobot 8 arah pada taksi kosong yang sedang mencari penumpang, bobot dihitung berdasarkan blok-blok wilayah dalam jangkauan arah tersebut.

B. Saran

Perjalanan taksi hanya melewati jalan yang telah tertera didalam peta, karena peta yang tersedia masih belum detail memuat jalan-jalan yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004, *Monte Carlo Simulation Basics*. http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Monte_Carlo_method&oldid=237702035
- Cubilas. (2007). *Urban Area*. (30 Januari 2010) http://en.wikipedia.org/wiki/Urban_area
- Hansen, Dexter A.. (2007). *Flowcharting Help Page (Tutorial)*. (30 Januari 2010) <http://home.att.net/~dexter.a.hansen/flowchart/flowchart.htm>
- Jon Wittwer, Vertex42 LLC. (2004), *Monte Carlo Simulation*. (30 Januari 2010) <http://www.vertex42.com/ExcelArticles/mc/MonteCarloSimulation.html>
- Kelton W. David, Sadowski Randall P., Sturrock David T. (2007). *Simulation with arena*. McGraw - Hill. United States of America.
- Kakiay, Thomas J. (2004). *Pengantar Sistem Simulasi*. Andi. Yogyakarta.
- Law, Averill M. (2007). *Simulation Modelling and Analysis*. McGrawHill. United State of America.
- Lilja, David J. (2000). *Measuring computer performance : a practitioner's guide*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Pressman, Roger S. (2005). *Software Engineering, A Practitioner's Approach, Sixth Edition*. McGraw-Hill, United States of America.
- Sommerville, Ian. (2001). *Software Engineering Sixth Edition*. Addison Wesley Publishing Limited, Harlow.
- Suryani, Erma. (2006). *Pemodelan & Simulasi*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Tsui, James Bao-Yen. (2005). *Fundamental of Global Positioning System Receiver*. John Wiley & Sons, Inc. Canada.
- Whitten, dkk. (2004). *System Analysis and Design Methods*. McGraw-Hill, Singapore.
- Matjik, Ahmad Ansori; I Made Sumertajaya. (2006). *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan MINITAB*. IPB Press. Bogor.
- Ziqi Song (2006). *A simulation Based Dynamic Taxi Model*. University Of Hong Kong.
- *) Lahir di Simalungun, 01 April 1953. Pendidikan S2 Komputer. Saat ini menjabat Peneliti Madya Bidang Angkutan Darat Badan Litbang Perhubungan.
- **) Lahir di Ompuratus - Samosir, 04 September 1962. Pendidikan S2 Managemen. Saat ini menjabat Peneliti Muda Badan Litbang Perhubungan.