

# Simulasi Pemodelan Transportasi pada Jaringan Jalan Menggunakan Aplikasi *Saturn*

FAKHRI NAUFAL<sup>1</sup>, SOFYAN TRIANA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia.

<sup>2</sup>Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia.

Email: Fakhrinaufal75@yahoo.com

## ABSTRAK

*Berkembangnya kebutuhan manusia, salah satunya kegiatan transportasi tidak seimbang dengan fasilitas transportasi yang ada. Proses perencanaan transportasi melalui pemodelan transportasi untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan dalam proses empat tahap pemodelan transportasi. Untuk memahami proses pembebanan jaringan, maka dilakukan pemodelan sederhana yaitu pada simulasi jaringan jalan yang hanya memiliki beberapa ruas jalan dan beberapa zona asal tujuan. Proses pembebanan dilakukan dengan metode All or Nothing, pembebanan Keseimbangan Wardrop cara manual dan dengan bantuan aplikasi SATURN. Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan diperoleh bahwa terjadi perbedaan hasil pembebanan. Perbedaan hasil pembebanan dilihat dari nilai konvergensi, nilai konvergensi yang paling kecil dianggap paling akurat. Dalam perhitungan manual, metode All or Nothing dengan nilai konvergensi yaitu 0,119 sedangkan metode Keseimbangan Wardrop dengan nilai konvergensi yaitu 0,110. Dan aplikasi SATURN menghasilkan nilai konvergensi yaitu 0,106 artinya perhitungan menggunakan aplikasi SATURN lebih akurat dibanding perhitungan manual.*

**Kata Kunci:** Jaringan Jalan, SATURN, All or Nothing, Keseimbangan Wardrop

## ABSTRACT

*Developing of human needs, one of which is transport activities was not balanced by transportation facilities. Transportation planning process through transportation modeling do in the four-step transportation modeling to solve these problems. To have a good grip of the process of network assignment, then a simple model that simulated road network has only a few roads and some zones of origin destination. Assignment process by the manual method All or Nothing, Wardrop assignment equilibrium and SATURN applications. Based on analysis and calculation of the results that there is a difference of assignment and which is the smallest value is most accurate. In manual calculations, All or Nothing assignment method convergence value is 0.119, Wardrop Equilibrium method convergence value is 0.110. And using SATURN application convergence value is 0.106. It means calculation using the SATURN application more accurate than manual calculation.*

**Keywords:** Road Network, SATURN, All or Nothing, Wardrop Equilibrium

## 1. PENDAHULUAN

Manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya perlu melakukan kegiatan transportasi yaitu perpindahan barang dan jasa demi tercapainya kebutuhan hidup. Kegiatan transportasi tersebut perlu ditunjang dengan sarana dan prasarana transportasi. Diperlukan suatu proses perencanaan transportasi dengan cara melakukan pemodelan transportasi untuk mengetahui dan dapat memprediksi besaran arus lalu lintas yang akan menggunakan ruas-ruas jalan, sehingga dapat diketahui kinerjanya dalam melayani arus lalu lintas.

Untuk memahami pemodelan transportasi, maka diperlukan penyederhanaan sebuah jaringan jalan dari sebuah jaringan jalan perkotaan yang rumit. Proses pemahaman mengenai perilaku lalu lintas dalam jaringan jalan dapat diamati berdasarkan metode pembebanan (*trip assignment*) yang diterapkan. Jaringan jalan sederhana merupakan jaringan jalan yang hanya mempunyai beberapa ruas jalan dan beberapa zona asal tujuan.

Pemodelan transportasi dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan transportasi yang ditimbulkan akibat adanya pergerakan. Pembebanan *all or nothing* dipilih sebagai alternatif pemakai jalan secara rasional memilih rute terpendek yang meminimumkan hambatan transportasi (jarak, waktu dan biaya). Semua lalu lintas antara zona asal dan tujuan menggunakan rute yang sama dengan anggapan bahwa pemakai jalan mengetahui rute yang tercepat tersebut.

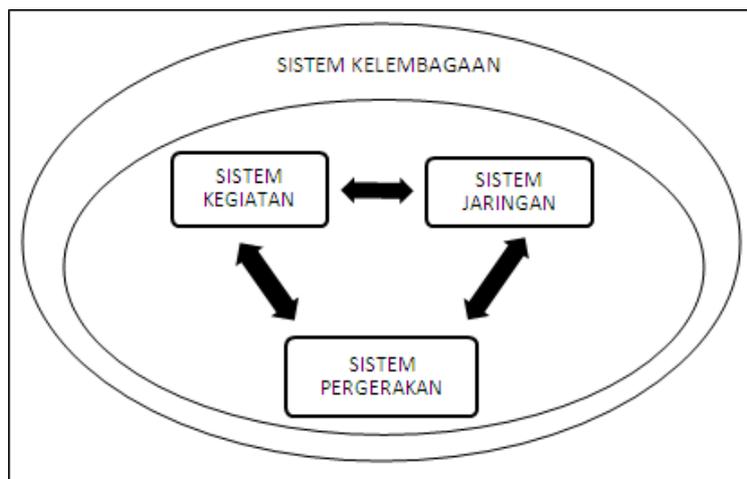
SATURN sebagai perangkat lunak pemodelan transportasi, dipilih untuk analisis kinerja ruas jalan dan pada akhirnya dapat digunakan pada perencanaan manajemen lalu lintas. Perhitungan pada SATURN ini menggunakan metode pembebanan bertahap dengan cara fluktuasinya sebesar 1 satuan fluktuasi, sehingga hasil yang didapatkan lebih akurat.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Tinjauan Pustaka

#### A. Sistem Transportasi

Sistem Transportasi dibagi menjadi sistem transportasi makro dan sistem transportasi mikro. Sistem transportasi makro yaitu sistem yang dipecahkan menjadi beberapa subsistem mikro yang saling berhubungan diantaranya, Sistem Kegiatan (*Transport Demand*), Sistem Jaringan (Prasarana Transportasi), Sistem Pergerakan (Lalu-lintas), dan Sistem Kelembagaan. Seperti pada gambar berikut.



sumber: Tamin, 1997

**Gambar 1. Sistem Transportasi Makro**

## B. Konsep Perencanaan

Konsep Perencanaan dalam melakukan pemodelan jaringan jalan ini menggunakan model empat tahap. Model perencanaan ini merupakan gabungan dari beberapa seri submodel yang masing-masing harus dilakukan secara terpisah dan berurutan. Submodel tersebut adalah:

- **Bangkitan atau Tarikan Pergerakan**

Bangkitan pergerakan adalah jumlah pergerakan yang dibangkitkan oleh suatu zona asal ( $O_i$ ) dan jumlah pergerakan yang tertarik kesetiap zona tujuan ( $D_d$ ) yang terdapat dalam daerah kajian. Jumlah pergerakan dari zona asal disebut juga *Trip Production*, biasanya berbasis rumah sedangkan jumlah pergerakan yang ke zona tujuan disebut *Trip Attraction*.

- **Sebaran Pergerakan**

Sebaran pergerakan merupakan tahapan dalam perencanaan transportasi yang menunjukkan interaksi antara tata guna lahan, jaringan transportasi dan arus lalu lintas, sehingga hasil dari tahap ini adalah matriks asal tujuan (MAT). Matriks Asal Tujuan (MAT) adalah matriks bermantra dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antar lokasi di dalam daerah tertentu. Baris menyatakan zona asal dan kolom menyatakan zona tujuan, sehingga sel matriksnya menyatakan besarnya arus dari zona asal ke zona tujuan.

- **Pemilihan Moda**

Model ini bertujuan untuk mengetahui proporsi orang yang akan menggunakan setiap moda. Semakin meningkat pendapatan, banyak orang cenderung menggunakan mobil pribadi. Di lain pihak moda angkutan umum menggunakan ruang jalan jauh lebih efisien daripada moda angkutan pribadi.

- **Pemilihan Rute**

Merupakan hipotesis tentang pemilihan rute pemakai jalan yang harus mewakili ciri sistem transportasi. Untuk angkutan umum, rute ditentukan berdasarkan moda transportasi (bus dan kereta api mempunyai rute yang tetap). Sedangkan untuk kendaraan pribadi diasumsikan bahwa orang akan memilih moda transportasinya dulu, baru rutenya. Pemilihan rute tergantung pada alternatif terpendek, tercepat, dan termurah, dan juga diasumsikan bahwa pemakai jalan mempunyai informasi yang cukup (misalnya tentang kemacetan jalan) sehingga mereka dapat memilih rute yang terbaik.

## C. Model Transportasi

Pemodelan transportasi merupakan proses penyebaran matriks asal tujuan pada suatu jaringan jalan sehingga menghasilkan arus lalu lintas pada tahun rencana.

Matriks Asal Tujuan (MAT) merupakan masukan utama yang paling sering digunakan dalam berbagai macam perencanaan dan manajemen sistem transportasi, walaupun nilai MAT yang sebenarnya terjadi di lapangan tidak akan pernah bisa diketahui oleh siapa pun sehingga penelitian mengembangkan berbagai macam metoda untuk dapat memperkirakan MAT tersebut.

- **Daerah Kajian**

Daerah yang dikaji mencakup wilayah suatu kota, akan tetapi harus dapat mencakup ruang atau daerah yang cukup untuk pengembangan kota di masa mendatang pada tahun rencana. Biasanya survei kendaraan yang melalui garis kordon (batas daerah kajian) perlu dilakukan agar batas dapat ditentukan sehingga tidak memotong jalan yang sama lebih dari dua kali (untuk menghindari perhitungan ganda dua kendaraan yang sama).

- **Zona Kajian**

Zona merupakan suatu satuan ruang dalam tahapan perencanaan transportasi yang mewakili suatu wilayah tertentu yang memiliki karakteristik tertentu pula. Sehubungan dengan adanya definisi zona internal dan zona eksternal sebagai zona asal dan zona

tujuan, maka pergerakan arus lalu lintas dapat dikelompokkan menjadi 4 tipe pergerakan. Pergerakan eksternal-internal, internal-eksternal (atau sebaliknya), internal-internal, dan interzona.

• **Ruas Jalan**

Beberapa ciri ruas jalan yang perlu diketahui, seperti panjang, kecepatan, jumlah lajur, jenis gangguan samping, kapasitas dan hubungan kecepatan–arus di ruas jalan tersebut. Ruas jalan dua arah selalu dinyatakan dengan dua ruas jalan satu arah (Tamin, 1997).

Persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas berdasarkan pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 mempunyai bentuk umum pada Rumus 1.

$$FV = (FV_0 + FV_W) \times FV_{SF} \times FV_{CS} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

- FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan (km/jam)
- FV<sub>0</sub> = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan yang diamati
- FV<sub>W</sub> = Penyesuaian kecepatan untuk lebar jalan (km/jam)
- FFV<sub>SF</sub> = Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu atau jarak kereb penghalang
- FFV<sub>CS</sub> = Faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota

Perhitungan kapasitas jalan didasarkan pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997. Perhitungan kapasitas menggunakan Rumus 2.

$$C = C_0 \cdot F_{CW} \cdot F_{CSP} \cdot F_{CSF} \cdot F_{CCS} \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

- C = kapasitas (smp/jam)
- C<sub>0</sub> = kapasitas dasar (smp/jam)
- F<sub>CSP</sub> = faktor penyesuaian distribusi
- F<sub>CW</sub> = faktor penyesuaian lebar jalan
- F<sub>CSF</sub> = faktor penyesuaian gangguan samping
- F<sub>CCS</sub> = faktor penyesuaian ukuran kota

**D. Metode Pemilihan Rute**

Pada tahap pembebanan rute, beberapa prinsip digunakan untuk membebaskan Matriks Asal Tujuan pada jaringan jalan yang akhirnya menghasilkan informasi arus lalu lintas pada setiap ruas jalan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan rute pada saat kita melakukan perjalanan. Beberapa diantaranya adalah waktu tempuh, jarak, biaya (bahan bakar dan lainnya), kemacetan dan antrian, jenis manuver yang dibutuhkan, jenis jalan raya (jalan tol, arteri), pemandangan, kelengkapan rambu dan marka jalan, serta kebiasaan. Tidaklah praktis memodel semua faktor sehingga harus digunakan beberapa asumsi atau pendekatan. Klasifikasi model pemilihan rute berdasarkan asumsi yang melatarbelakanginya.

**Tabel 1. Klasifikasi Model Pemilihan Rute ( )**

Kriteria	Efek Stokastik dipertimbangkan?		
		Tidak	Ya
Efek batasan kapasitas dipertimbangkan?	Tidak	<i>All or Nothing</i>	Stokastik Murni
	Ya	Keseimbangan Wardrop	Keseimbangan Pengguna Stokastik

**sumber: Tamin, 1997**

- **Model All or Nothing**

Metode ini merupakan model pemilihan rute yang paling sederhana. Pada model ini diasumsikan bahwa semua pengendara berusaha untuk meminimumkan biaya perjalanannya yang tergantung pada karakteristik jaringan jalan dan asumsi pengendara. Dianggap bahwa pengendara memiliki persepsi dan tujuan yang sama sehingga hanya terdapat satu rute terbaik yang dipilih. Metode ini tidak dipengaruhi oleh efek kemacetan.

- **Model Keseimbangan Wardrop**

Konsep dasar analisis keseimbangan untuk jaringan jalan pertama kali dikemukakan oleh Wardrop (1952), yang dikenal sebagai prinsip Keseimbangan Wardrop, yang menyatakan bahwa: *Dalam kondisi keseimbangan arus lalu lintas akan merekayasa dirinya sendiri dalam jaringan yang macet sedemikian rupa hingga tidak ada pengendara baru yang akan dapat mengurangi biaya perjalanannya dengan mengganti ke rute lainnya.* Dengan kata lain dalam kondisi keseimbangan, semua rute yang dipilih mempunyai biaya yang sama, sementara rute yang tidak dipilih mempunyai biaya yang sama atau lebih besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa sistem tersebut telah mencapai kondisi keseimbangan menurut pandangan pengguna.

Dalam program SATURN fungsi biaya arus pada suatu ruas tertentu digambarkan melalui persamaan universal yang dapat mengakomodasi semua jenis fungsi biaya arus. Secara umum fungsi tersebut dituliskan :

$$t = t_0 + a \cdot V^n \dots\dots\dots(3)$$

dengan:

- t = waktu tempuh pada kondisi arus tertentu
- t<sub>0</sub> = waktu tempuh pada saat arus bebas
- V = volume ruas
- a, n = konstanta

- **Kriteria Konvergensi**

Terdapat tiga tipe dasar kriteria konvergensi pada prosedur pembebanan batasan kapasitas, yaitu:

- a. Dengan melihat perbedaan antara arus atau biaya ruas pada setiap pengulangan yang berturutan. Dengan perbedaan ini dapat dilihat apakah proses pengulangan selanjutnya akan menghasilkan perubahan yang berarti bagi arus atau biaya tersebut. Jika tidak, konvergensi dianggap sudah tercapai.
- b. Dengan mengukur perbedaan antara asumsi hubungan biaya–arus pada saat awal pembebanan dengan hubungan biaya–arus pada saat akhir pembebanan.
- c. Melihat potensi perbaikan yang dihasilkan apabila dilakukan proses pengulangan berikutnya.

Berdasarkan tiga tipe dasar tersebut, Van Vliet (dalam Tamin, 1997) mengusulkan kriteria konvergensi pada pembebanan keseimbangan(δ) yang sering digunakan untuk melihat seberapa dekat solusi terhadap kondisi keseimbangan:

$$\delta = \frac{\sum T_{ij}(c_{ijr} - c'_{ij})}{\sum T_{ij}c'_{ij}} \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

C<sub>ijr</sub>– C<sub>ij</sub> adalah selisih biaya pada rute tertentu dan biaya minimum untuk pasangan (i,j). Biaya ini dihitung setelah pengulangan selesai dan total pergerakan didapatkan untuk setiap ruas jalan. Karena itu, δ adalah nilai yang dihasilkan oleh selisih antara biaya rute optimal dan biaya rute tidak-optimal.

## E. SATURN

### • Fungsi SATURN

SATURN (*Simulation and Assignment of Traffic on Urban Road Network*) adalah suatu perangkat lunak komputer yang dikembangkan oleh *Institute of Transport Studies, University of Leeds*. Program ini mempunyai empat fungsi dasar, yaitu:

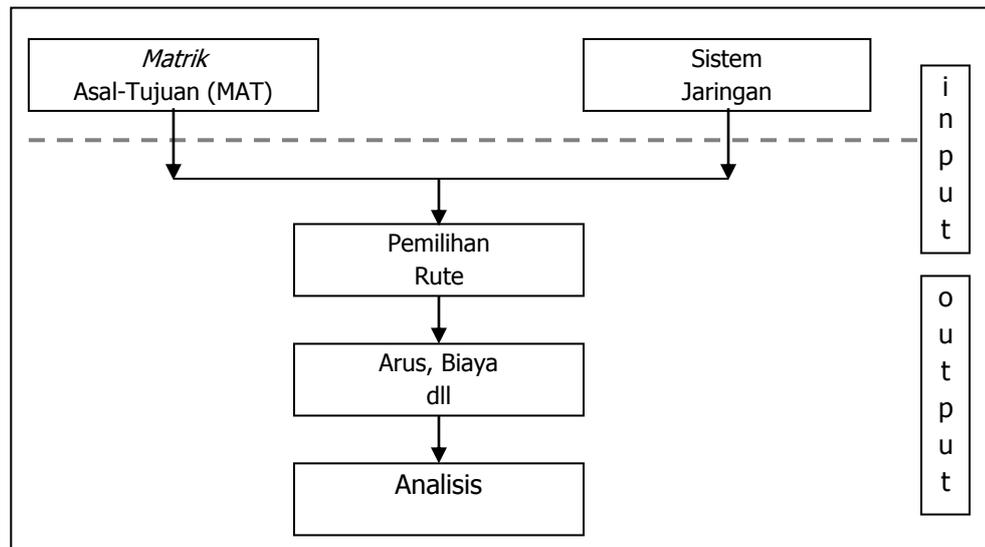
- Sebagai suatu kombinasi model simulasi dan pembebanan lalu lintas untuk keperluan analisis perencanaan manajemen lalu lintas yang meliputi jaringan yang relatif lokal (pada umumnya sampai dengan 100 atau 200 simpul).
- Sebagai suatu model pembebanan untuk analisis pada jaringan jalan yang lebih besar (misalnya sampai 3000 ruas).
- Sebagai suatu model simulasi untuk suatu persimpangan.
- Sebagai suatu basis data jaringan dan sistem analisis.

SATURN dapat berfungsi juga baik sebagai model pembebanan maupun model simulasi simpang murni. SATURN juga dilengkapi dengan standar model pembebanan lainnya, seperti biaya keseluruhan (*Generalized Cost*), *All or Nothing*, Keseimbangan *Wardrop*, Pembebanan *Multi Rute Burrel* (SUE), dan lain-lain.

SATURN juga dapat digunakan untuk mengestimasi Matrik perjalanan menggunakan data arus lalu lintas atau memperbaharui suatu Matrik yang sudah ada, sebagai bagian dari iterasi eksternal menggunakan keluaran dari pembebanan terakhir dalam proses iterasi.

### • Struktur Model Pembebanan SATURN

Secara umum struktur dari model pembebanan dalam program SATURN.



sumber: SATURN

**Gambar 2. Model Pembebanan dalam program SATURN ( )**

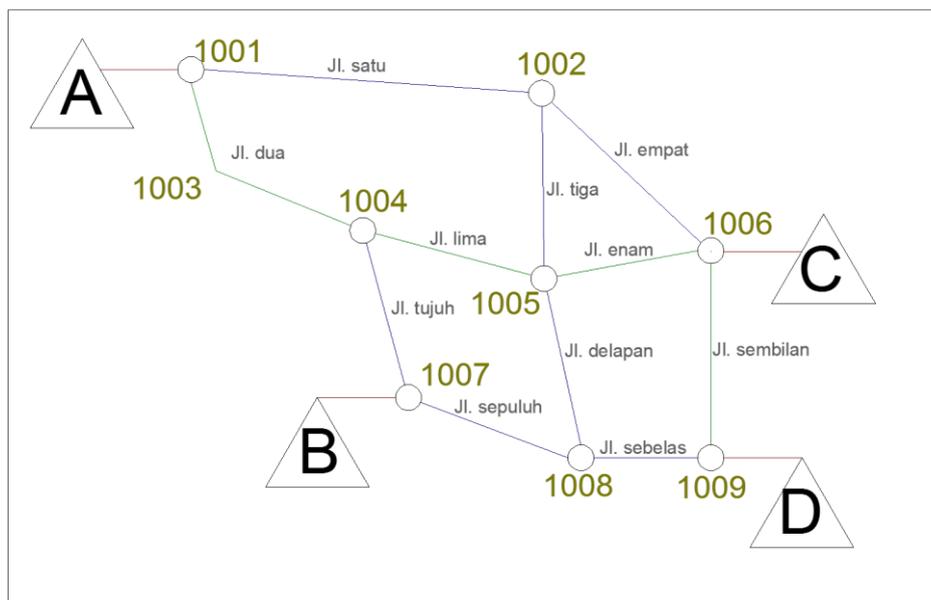
Terdapat dua data masukan yaitu matrik perjalanan (asal tujuan) dan jaringan yang merupakan struktur model dimana matrik perjalanan ditempatkan. Keduanya merupakan masukan pada model pemilihan rute yang mengalokasikan perjalanan pada rute-rute tertentu dengan hasil berupa total arus lalu lintas sepanjang ruas dan biaya (atau waktu tempuh).

## 3. ANALISIS DATA

### 3.1 Data Perencanaan

Daerah kajian pada jaringan jalan sederhana yaitu memiliki 4 zona dengan 11 ruas jalan. Masing-masing ruas jalan memiliki karakteristik jalan yang berbeda dan berikut adalah daerah

kajian pada Gambar 3 dan karakteristik jalan pada Tabel 2.



**Gambar 3. Daerah Kajian Sederhana**

**Tabel 2. Karakteristik Jalan**

Nama Jalan	Karakteristik Jalan			Kapasitas Jalan					Kecepatan Arus Bebas				
	Lebar Jalan (m)	Panjang Jalan (m)	Tipe Jalan	C <sub>0</sub>	FC <sub>SP</sub>	FC <sub>W</sub>	FC <sub>SF</sub>	C	FV <sub>0</sub>	FV <sub>W</sub>	FV <sub>SF</sub>	FV <sub>CS</sub>	FV
Jalan satu	7	13500	2/2UD	2900	1	1	0,89	2581	42	0	0,9	1	37,8
Jalan dua	14	10500	4/2UD	6000	1	1	0,92	5520	51	0	0,93	1	47,43
Jalan tiga	8	7000	2/2UD	2900	1	1,14	0,82	2711	42	3	0,82	1	36,9
Jalan empat	7	9000	2/2UD	2900	1	1	0,82	2378	42	0	0,82	1	34,44
Jalan lima	14	7200	4/2UD	6000	1	1	0,87	5220	51	0	0,87	1	44,37
Jalan enam	14	6500	4/2UD	6000	1	1	0,87	5220	51	0	0,87	1	44,37
Jalan tujuh	7,2	6700	2/2UD	2900	1	1	0,82	2378	42	0	0,82	1	34,44
Jalan delapan	8	7100	2/2UD	2900	1	1,14	0,82	2711	42	3	0,82	1	36,9
Jalan Sepuluh	7	7000	2/2UD	2900	1	1	0,73	2117	42	0	0,73	1	30,66
Jalan Sebelas	7	5000	2/2UD	2900	1	1	0,73	2117	42	0	0,73	1	30,66

Data MAT terdiri dari 4 zona, yaitu zona A, zona B, zona C, dan zona D. Data pergerakan tersebut untuk semua jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Matriks Asal Tujuan Semua Kendaraan**

Zona	A	B	C	D	O <sub>i</sub>
A	0	600	625	550	1775
B	625	0	700	450	1775
C	650	700	0	400	1750
D	550	450	400	0	1400
D <sub>d</sub>	1775	1775	1750	1400	

### 3.2 Perhitungan Manual

Perhitungan manual menggunakan metode *All or Nothing* dan metode Keseimbangan Wardrop. Langkah awal perhitungan yaitu dengan menentukan persamaan fungsi biaya arus untuk setiap jalan. Persamaan ini didapatkan dengan menggunakan kurva pada SATURN. Rekapitulasi persamaan fungsi biaya arus dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Rekapitulasi Persamaan Fungsi Biaya Arus**

Nama Jalan	Kapasitas per arah (smp/jam)	FV per arah (km/jam)	$t_0$ (menit)	$t_o$ (menit)	Volume < Kapasitas	Volume > Kapasitas
Jalan Satu	1291	19,8	40,909	20,455	$c_1 = 19,8 + 0,016V_1$	$c_1 = 0,713V_1 - 880,200$
Jalan Dua	1291	19,8	40,909	20,455	$c_2 = 11,528 + 0,01V_2$	$c_2 = 0,662V_2 - 888,473$
Jalan Tiga	1380	11,5275	54,652	27,326	$c_3 = 19,27 + 0,008V_3$	$c_3 = 0,672V_3 - 880,730$
Jalan Empat	1355	19,27	21,796	10,898	$c_4 = 18,04 + 0,013V_4$	$c_4 = 0,770V_4 - 881,960$
Jalan Lima	1189	18,04	29,933	14,967	$c_5 = 11,528 + 0,007V_5$	$c_5 = 0,697V_5 - 888,473$
Jalan Enam	1305	11,5275	37,476	18,738	$c_6 = 11,528 + 0,006V_6$	$c_6 = 0,696V_6 - 888,473$
Jalan Tujuh	1305	11,5275	33,832	16,916	$c_7 = 18,04 + 0,009V_7$	$c_7 = 0,766V_7 - 881,960$
Jalan Delapan	1189	18,04	22,284	11,142	$c_8 = 19,27 + 0,008V_8$	$c_8 = 0,672V_8 - 880,730$
Jalan Sembilan	1355	19,27	22,107	11,053	$c_9 = 19,27 + 0,009V_9$	$c_9 = 0,673V_9 - 880,730$
Jalan Sepuluh	1355	19,27	24,909	12,455	$c_{10} = 16,06 + 0,012V_{10}$	$c_{10} = 0,863V_{10} - 883,940$
Jalan Sebelas	1059	16,06	26,152	13,076	$c_{11} = 16,06 + 0,009V_{11}$	$c_{11} = 0,860V_{11} - 883,940$

#### A. Metode *All or Nothing*

Dipilih rute tercepat berdasarkan jarak yang terpendek pada jaringan jalan yang dimodelkan. Rute tercepat dalam hal ini diasumsikan berdasarkan jarak tempuh (walaupun untuk sebuah kota, biasanya diasumsikan berdasarkan waktu tempuh).

**Tabel 5. Perhitungan Gabungan Metode *All or Nothing* (Jalan 1-6)**

Zona	Jalan									
	1		2		4		5		6	
	Arus (smp/jam)	Biaya (menit)								
A-B	0	19.8	600	17.528	0	18.04	0	11.528	0	11.528
B-A	0	19.8	600	17.528	0	18.04	0	11.528	0	11.528
A-C	250	23.8	375	15.278	250	21.29	375	14.153	375	13.778
C-A	250	23.8	375	15.278	250	21.29	375	14.153	375	13.778
A-D	110	21.56	440	15.928	110	19.47	440	14.608	220	12.848
D-A	110	21.56	440	15.928	110	19.47	440	14.608	220	12.848
D-C	0	19.8	0	11.528	0	18.04	0	11.528	0	11.528
C-D	0	19.8	0	11.528	0	18.04	0	11.528	0	11.528
B-C	0	19.8	0	11.528	0	18.04	500	15.028	700	15.728
C-B	0	19.8	0	11.528	0	18.04	500	15.028	700	15.728
B-D	0	19.8	0	11.528	0	18.04	0	11.528	0	11.528
D-B	0	19.8	0	11.528	0	18.04	0	11.528	0	11.528
Jumlah	720	31.32	2830	39.828	720	27.4	2630	29.938	2590	27.068

**Tabel 6. Perhitungan Gabungan Metode *All or Nothing* (Jalan 7 – 11)**

Zona	Jalan									
	7		8		9		10		11	
	Arus (smp/ jam)	Biaya (menit)								
A-B	600	23.44	0	19.27	0	19.27	0	16.06	0	16.06
B-A	600	23.44	0	19.27	0	19.27	0	16.06	0	16.06
A-C	0	18.04	0	19.27	0	19.27	0	16.06	0	16.06
C-A	0	18.04	0	19.27	0	19.27	0	16.06	0	16.06
A-D	0	18.04	220	21.03	330	22.24	0	16.06	220	18.04
D-A	0	18.04	220	21.03	330	22.24	0	16.06	220	18.04
D-C	0	18.04	0	19.27	400	22.87	0	16.06	0	16.06
C-D	0	18.04	0	19.27	400	22.87	0	16.06	0	16.06
B-C	500	22.54	200	20.87	0	19.27	200	18.46	0	16.06
C-B	500	22.54	200	20.87	0	19.27	200	18.46	0	16.06
B-D	0	18.04	0	19.27	0	19.27	450	21.46	450	20.11
D-B	0	18.04	0	19.27	0	19.27	450	21.46	450	20.11
Jumlah	2200	37.84	840	25.99	1460	32.41	1300	31.66	1340	28.12

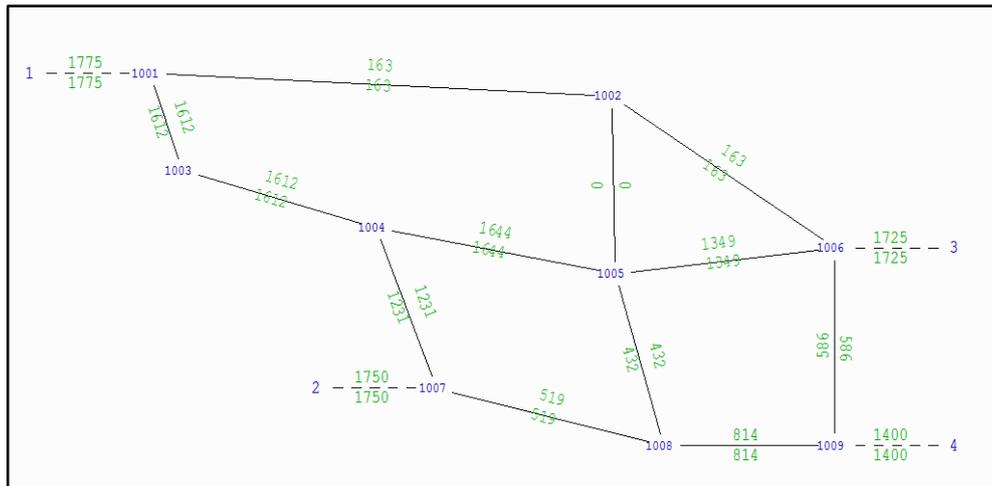
**B. Metode Wardrop**

Analisis yang dilakukan dengan metode keseimbangan mempunyai syarat batas umum, yaitu fungsi biaya arus pada suatu jalan yang satu dengan yang lainnya besarnya sama ( $C_i = C_j$ ) dan volume lalu lintas pada jalan satu dengan yang lainnya merupakan jumlah pergerakan dari zona ( $V_i + V_j = T_{ij}$ ). Rute yang dipilih merupakan 2 rute yang mempunyai biaya terkecil pada perhitungan dari metode *All or Nothing*. Kondisi lalu lintas tidak melebihi kapasitas jalan, maka persamaan biaya arus menggunakan fungsi volume < kapasitas.

- Zona A ke Zona B  
 $T_{ij} = 625$  smp/jam
  - Rute 1 = Rute 5  
 $\Leftrightarrow C_1 + C_4 = C_2 + C_5 + C_6$   
 $\Leftrightarrow 19,8 + 0,016V_1 + 18,04 + 0,013V_1 = 11,528 + 0,01V_5 + 11,528 + 0,007V_5 + 11,528 + 0,006V_5$   
 $\Leftrightarrow 37,84 + 0,029V_1 = 34,584 + 0,023V_5 \dots\dots\dots(i)$
  - $V_1 + V_5 = 625$   
 $V_1 = 625 - V_5 \dots\dots\dots(ii)$
- Substitusi persamaan (ii) ke persamaan (i):  
 $37,84 + 0,029(625 - V_5) = 34,584 + 0,023V_5$   
 $0,052V_5 = 21,381$   
 $V_1 = 214$  smp/jam ;  $V_5 = 411$  smp/jam  
 $C_1 = 44,046$  menit ;  $C_5 = 44,037$  menit  
Rute dengan biaya termurah adalah rute 5 = 44,037 menit.  
Cek konvergensi:  $\delta = \frac{214(44,046-44,037)+411(44,037-44,037)}{625*44,037}$   
 $\delta = 0,00007 < 1\%$  (Pembebanan diterima)

**C. Perhitungan Menggunakan SATURN**

Hasil dari perhitungan menggunakan SATURN sebagai berikut.



**Gambar 4. Arus lalu lintas menggunakan SATURN**

#### D. Pembahasan

Hasil analisa yang telah dihitung dari ketiga metode yang berbeda menghasilkan sebagai berikut:

- Pada metode *All or Nothing*, dilakukan pembebanan sebesar matriks asal tujuan sehingga pembebanan tidak merata.
- Metode Keseimbangan Wardrop dianggap metode yang terbaik pada perhitungan manual karena seluruh rute yang dipakai antara satu zona asal untuk mencapai zona tujuan akan mempunyai biaya yang sama bahkan akan diketahui biaya yang lebih kecil.
- Aplikasi yang dipakai ini mendapatkan hasil yg berbeda tetapi hasil ini lebih akurat daripada perhitungan manual karena dilihat dari nilai konvergensi rata-rata yang lebih kecil daripada perhitungan manual.

#### 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis dengan metode *All or Nothing*, metode Keseimbangan Wardrop, dan Aplikasi SATURN didapatkan hasil bahwa pergerakan yang tidak terlalu besar, maka volume arus lalu lintas pada suatu ruas jalan tidak melebihi kapasitasnya. Hal itu dibuktikan dengan ketiga metode yang berbeda, tidak ada yang melebihi kapasitasnya. Pada perhitungan manual *All or Nothing* pembebanan arus zona asal menuju zona tujuan, sehingga buaya yang pada setiap rute perjalanan tidak sama. Sedangkan pada metode keseimbangan Wardrop, untuk menuju zona tujuan akan mempunyai biaya yang sama. Jadi metode yang lebih baik digunakan adalah metode Keseimbangan Wardrop. Perhitungan menggunakan aplikasi SATURN lebih akurat dibandingkan dengan perhitungan manual. Hal ini dibuktikan dari hasil analisis yang mempunyai jumlah biaya yang lebih sedikit dibandingkan perhitungan manual.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*.  
 Pangihutan, H. (2012). *Perencanaan Transportasi Untuk Kota Kecil*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum.  
 Tamin, O. Z. (1997). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.  
 TamIN, O. Z. (1994). *Aplikasi Model Perencanaan Transportasi 4 Tahap Dalam Pemecahan Masalah Transportasi Di Negara Sedang Berkembang*. Diambil dari: [http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/37/jbptitbpp-gdl-grey-1994-10ofyarzta-1845-1994\\_gl\\_-0.pdf](http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/37/jbptitbpp-gdl-grey-1994-10ofyarzta-1845-1994_gl_-0.pdf) (27Juli 2015).  
 Tim Transportasi Teknik Sipil ITENAS. *Perencanaan Transportasi*. Bandung

- TPA Ritonga. (2013). *Bangkitan Pergerakan Keluarga Dari Zona Perumahan Tertata (Studi Kasus: Perumahan Di Kecamatan Medan Johor)*. Diambil dari: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/26009/4/Chapter%20II.pdf> (1 Agustus 2015).
- Triana, S. *Faktor Fluktuasi Arus Lalu Lintas pada Analisis Manfaat Biaya Operasi Kendaraan dan Nilai Waktu (Studi Kasus Perencanaan Jalan Tol Pasir Koja – Soerang)*. Bandung.
- Van, D. V. (2003). *User Manual SATURN 10.4*. The University of Leeds