

1. ANALISIS DAMPAK MANUEVER KENDARAAN PADA KINERJA  
SIMPANG MENGGUNAKAN SIMULASI *VEHICLE TRACKING*

**(STUDI KASUS SIMPANG ARTERI UTARA, SIMPANG SULTAN  
AGUNG DAN SIMPANG AHMAD YANI)**

Nuriyana W. A, Dhiah Syafitri, Kami Hari Basuki<sup>\*)</sup>, Djoko Purwanto<sup>\*)</sup>

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, SH Tembalang, Semarang. 50275, Telp.: (024)7474770,  
Fax.: (024)7460060

**ABSTRAK**

Di Kota Semarang, persimpangan seringkali belum dapat mengakomodasi pergerakan kendaraan secara maksimal. Hal ini ditunjukkan dengan sering adanya tundaan, baik karena pengaturan lalu lintasnya maupun kondisi geometrik yang kurang mendukung untuk manuver kendaraan khususnya pada lokasi simpang Arteri Utara, simpang Jalan Sultan Agung, dan simpang Jalan Ahmad Yani yang dapat mempresentasikan simpang-simpang yang sering dilalui kendaraan baik kendaraan pribadi, kendaraan umum, maupun angkutan barang. Oleh karena itu dilakukan analisa kinerja simpang untuk mengurangi adanya tundaan. Tahap-tahap yang dilakukan adalah menganalisis kinerja simpang eksisting menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 dan mensimulasikan manuver kendaraan rencana pada simpang eksisting menggunakan simulasi *vehicle tracking*. Analisis kinerja simpang akan menghasilkan keluaran berupa nilai derajat kejenuhan yang selanjutnya akan menjadi tolak ukur apakah simpang dapat melayani arus eksisting atau tidak, sedangkan simulasi manuver kendaraan menghasilkan keluaran berupa jejak kendaraan yang menentukan apakah geometrik simpang mampu melayani manuver kendaraan dengan efisien atau tidak. Setelah dilakukan analisis terhadap kondisi eksisting, dilanjutkan dengan optimasi jika diperlukan, baik dengan melakukan pengaturan ulang fase sinyal lalu lintas maupun dengan perubahan geometrik. Pada hasil analisis kinerja Simpang Arteri Utara, didapat kinerja seluruh pendekat memiliki  $DS < 0,85$ . Geometrik simpang dinilai masih dapat dioptimasi untuk meningkatkan kinerja simpang dalam melayani kendaraan. Optimasi Simpang Arteri Utara dilakukan dengan pengaturan ulang waktu sinyal lalu lintas dan pemotongan median. Pada Simpang Sultan Agung, didapat DS semua pendekat  $< 0,85$ . Pada Simpang Ahmad Yani, pendekat timur, selatan, dan utara memiliki  $DS < 0,85$  namun pada pendekat barat didapatkan nilai derajat kejenuhan 0,992. Optimasi Simpang Ahmad Yani adalah dengan pengaturan ulang sinyal lalu lintas dan adanya pelebaran jalan pada pendekat selatan. Menyadari bahwa masih banyak hal yang bisa ditingkatkan/diperbaiki dari studi ini, diharapkan adanya studi lebih lanjut berkaitan dengan pengaruh manuver kendaraan belok kiri pada kinerja simpang untuk menyempurnakan penelitian yang telah ada.

**Kata kunci :** Simpang, Manuver Kendaraan, Geometrik Simpang

---

<sup>\*)</sup>Penulis Penanggung Jawab

### **ABSTRACT**

*In Semarang City, the intersection is often unable to accommodate the movement of vehicles to the maximum. This is demonstrated by the presence of frequent delay, both because of the traffic arrangements as well as geometric condition less support to maneuver the vehicle especially on Northern Ring Road Intersection, Sultan Agung Intersection, and Ahmad Yani Intersection.*

*Intersections performance is analyzed using 1997 Manual Kapasitas Jalan Indonesia and vehicle maneuver is simulated using Vehicle Tracking software. The output of intersection performance analysis is a degree of saturation, which will determine intersections that capability to serve the existing traffic flow. The output of vehicle maneuver simulation is vehicle track path which will be used to determine intersections geometric feasibility to efficiently serve vehicle maneuver. Optimization will be made if it is needed, by doing traffic signal rearrangement and geometric optimization.*

*On the results of the analysis of the performance of the Northern Ringroad Intersection, come by the performance of the entire intersection have Degree of Saturation  $< 0.85$ . Geometric intersection votes can still be optimized to increase the intersection of performance in serving the vehicle. The Northern Ringroad Intersection optimization done with the reset time traffic signal and cuts in the median. At Sultan Agung Intersection, obtained Degree of Saturation  $< 0.85$ . At Ahmad Yani Intersection, the approach of East, South, and North have a Degree of Saturation yet at  $0.85 < West$  approach obtained the value of degrees of saturation 0.992. Optimization of Simpang Ahmad Yani was reset with the traffic signal and widening of the road at the junction with the South. Realize that there are still many things that can be improved/ fixed from this study, it is expected the presence of further study with regard to the influence of the maneuvers the vehicle turn left at the junction to refine the performance of existing research.*

**Keywords :** *Intersection, Vehicle Maneuver, Intersection Geometrics*

### **PENDAHULUAN**

Sebagai ibukota Provinsi Jawa Tengah, Kota Semarang merupakan pusat kegiatan ekonomi, perdagangan, industri, pendidikan, dan pusat pelayanan masyarakat. Kota Semarang terletak di Jalur Pantura yang menghubungkan antara Jawa Barat dan Jawa Timur sehingga Kota Semarang sangat strategis sebagai jalur penghubung dan juga sebagai penyuplai barang dan jasa untuk daerah di sekitarnya. Selain itu seiring adanya pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk di Semarang, laju pertumbuhan lalu lintas juga semakin bertambah.

Adanya tingkat pertumbuhan lalu lintas akibat adanya pergerakan yang cukup tinggi guna memenuhi kebutuhan, masyarakat melakukan perjalanan dari suatu tempat ke tempat yang lain menggunakan sarana transportasi baik kendaraan pribadi, maupun angkutan penumpang. Adanya pergerakan kendaraan ini pada kenyataannya sering terjadi masalah yang berhubungan dengan pergerakan baik kendaraan pribadi, kendaraan umum, maupun angkutan barang dari suatu daerah ke daerah lain, terutama yang dari dan menuju ke Kota Semarang.

Pergerakan kendaraan pada dasarnya akan melewati persimpangan, dan untuk mendukung terlaksananya transportasi yang baik, diperlukan persimpangan yang baik pula dalam melayani pergerakan kendaraan yang melewatinya. Persimpangan yang baik harus memenuhi persyaratan baik dari segi geometrik maupun pengaturan lalu

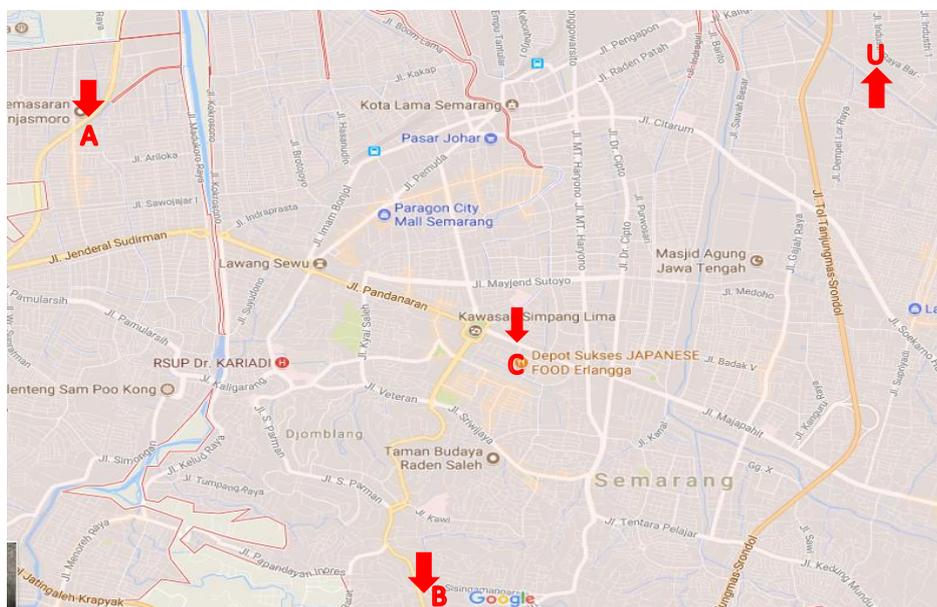
lintasnya. Apabila pada perencanaan geometrik dan pengaturan lalu lintas tidak baik, maka dapat menimbulkan masalah pada lalu lintas di simpang tersebut, contohnya adalah terjadinya tundaan yang dapat merugikan berbagai pihak.

Di Kota Semarang, persimpangan-persimpangan seringkali belum dapat mengakomodasi pergerakan kendaraan secara maksimal. Hal ini ditunjukkan dengan sering adanya tundaan, baik karena pengaturan lalu lintasnya maupun kondisi geometrik yang kurang mendukung untuk manuver kendaraan khususnya pada lokasi simpang Arteri Utara, simpang Jalan Ahmad Yani, dan simpang Jalan Sultan Agung yang dapat mempresentasikan simpang-simpang yang sering dilalui kendaraan baik kendaraan pribadi, kendaraan umum, maupun angkutan barang. Ketiga simpang tersebut akan ditetapkan sebagai lokasi penelitian.

Maksud dari tugas akhir ini adalah untuk melakukan evaluasi kinerja simpang terpilih dalam kaitannya dengan pergerakan kendaraan ringan dan berat yang berada di Kota Semarang yang berpotensi memberikan efek tundaan. Tujuan dari studi ini adalah :

2. Melakukan simulasi manuver kendaraan ringan maupun kendaraan berat menggunakan simulasi jejak kendaraan (*Vehicle Tracking*) pada kondisi *layout* geometri eksisting.
3. Menganalisis waktu kebutuhan *manuver* kendaraan ringan dan berat pada persimpangan.
4. Melakukan optimasi/perbaikan apabila diperlukan adanya perubahan geometrik atau pengaturan ulang fase sinyal

Penentuan lokasi penelitian berdasarkan perbedaan karakteristik jalan menurut fungsi jalan, kondisi lingkungan jalan dan kendaraan yang melalui ketiga simpang tersebut, yaitu : (A) Simpang Arteri Utara, (B) Simpang Sultan Agung, dan (C) Simpang Ahmad Yani



(Sumber : GoogleMaps, 2017)

Gambar 1. Lokasi Penelitian

## **METODOLOGI**

Analisis dimulai dengan melakukan survei penghitungan lalu lintas dan pengumpulan data geometris pada masing-masing lokasi penelitian. Kinerja simpang dianalisis dengan menggunakan form SIG I-SIG V dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 untuk menghasilkan parameter kinerja simpang seperti kapasitas, tundaan dan derajat kejenuhan untuk setiap pendekat persimpangan. Setelah melakukan analisis kinerja pada persimpangan, simulasi manuver kendaraan dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi *Vehicle Tracking* dari *Autodesk Autocad* yang akan menghasilkan rute manuver kendaraan dan waktu untuk melakukan manuver tersebut. Berdasarkan analisis dan simulasi tersebut, beberapa langkah optimasi dilakukan untuk memperbaiki persimpangan dan kinerja manuver kendaraan rencana dengan mengubah geometri yang ada agar dapat secara efisien mengoperasikan manuver kendaraan rencana. Hasil optimasi kemudian dievaluasi untuk melihat perbedaan kinerja. Kesimpulan digambar berdasarkan analisis dan hasil optimasi.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Kinerja Simpang Eksisting**

Analisis kinerja eksisting simpang menggunakan pedoman Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 Simpang Bersinyal. Analisis dilakukan untuk menghitung beberapa parameter dalam simpang bersinyal, yaitu kapasitas (C), derajat kejenuhan (DS), antrian kendaraan (NQ), panjang antrian (QL), kendaraan henti (NSV), dan tundaan (D). Data yang digunakan dalam analisis ini meliputi data geometri masing-masing kaki simpang, fase lalu lintas masing-masing arah dan volume lalu lintas.

Untuk menghitung kinerja simpang eksisting, maka dibutuhkan faktor-faktor sebagai berikut :

1. Arus Jenuh yang terdiri dari :
  - a. Arus Jenuh Dasar
  - b. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
  - c. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping
  - d. Faktor Penyesuaian Kelandaian
  - e. Faktor Penyesuaian Parkir
  - f. Faktor penyesuaian Belok Kanan
2. Kapasitas (C)
3. Derajat Kejenuhan (DS)
4. Antrian Kendaraan (NQ)
5. Kendaraan Henti (NSV)
6. Tundaan (D)

Berdasarkan perhitungan pada faktor-faktor tersebut, disajikan rekapitulasi hasil analisis parameter kinerja simpang :

1. Simpang Arteri Utara

Tabel 1 Rekapitulasi Analisis Parameter Kinerja Simpang Arteri Utara Jam Puncak Sore

Pendekat	Arus Lalu Lintas	Lebar Efektif	Rasio Hijau	Arus Jenuh	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Rasio Kendaraan Henti	Tundaan
	Q	We	GR	S	C	DS	QL	NS	D
Timur	694,7	7	0,288	2778,75	801,5625	0,757	38,486	0,971	50,88
Selatan	622,2	11,5	0,231	6096,15	1406,804	0,442	135,565	0,766	38,00
Barat	448,7	7	0,173	3087,5	534,375	0,840	31,257	1,011	59,25
Utara	964,8	10,5	0,346	5566,05	1926,71	0,500	82,076	0,712	30,33

Sumber : Analisis Data

2. Simpang Sultan Agung

Tabel 2 Rekapitulasi Analisis Parameter Kinerja Simpang Sultan Agung Jam Puncak Sore

Pendekat	Arus Lalu Lintas	Lebar Efektif	Rasio Hijau	Arus Jenuh	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Rasio Kendaraan Henti	Tundaan
	Q	We	GR	S	C	DS	QL	NS	D
Utara	1662,2	7.0	1	3641,798	3641,8	0,456	33,429	0,001	3,92
Selatan	682,9	7.0	0,387	2348,856	909,235	0,751	175,143	0,816	40,10
Barat	54,2	7.0	0,145	4394,297	664,79	0,082	28,857	0,560	48,29

Sumber : Analisis Data

3. Simpang Ahmad Yani

Tabel 3 Rekapitulasi Analisis Parameter Kinerja Simpang Ahmad Yani Jam Puncak Sore

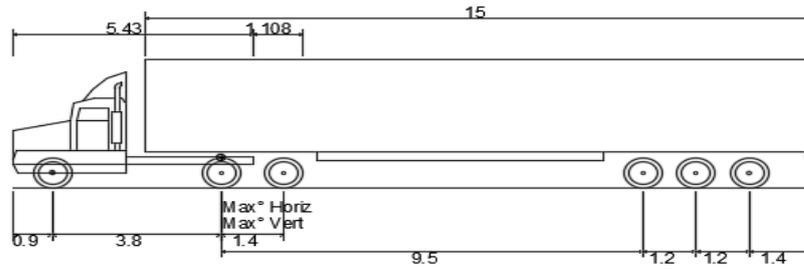
Pendekat	Arus Lalu Lintas	Lebar Efektif	Rasio Hijau	Arus Jenuh	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian	Rasio Kendaraan Henti	Tundaan
	Q	We	GR	S	C	DS	QL	NS	D
Timur	1258,4	9	0,377	4029,14	1520,43	0,828	26	0,860	38,32
Selatan	205	7	0,170	3700,74	628,428	0,326	175,143	0,752	40,81
Barat	1368,9	9	0,340	4063,815	1380,164	0,992	22,444	1,250	81,02
Utara	456,5	6	0,311	3217,374	973,617	0,468	154,333	0,722	32,79

Sumber : Analisis Data

**Simulasi Jejak Kendaraan Pada Geometrik Simpang**

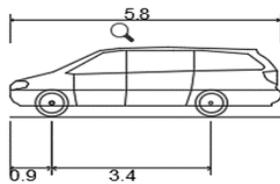
Simulasi pergerakan kendaraan pada layout eksisting simpang-simpang yang ditinjau dilakukan dengan menggunakan software *Vehicle Tracking* dari Autodesk Versi *Vehicle Tracking* yang digunakan adalah *Vehicle Tracking* 2017. Simulasi dilakukan dengan menggunakan kendaraan rencana yang sesuai dengan kelas jalan pendekat simpang. Dengan menggunakan *Vehicle Tracking*, disimulasikan kendaraan rencana melakukan manuver-maneuver pergerakan kendaraan yang umum dilakukan di simpang tersebut. Hasil dari pensimulasian menggunakan *vehicle tracking* adalah mampu atau tidaknya geometri simpang melayani manuver kendaraan rencana untuk selanjutnya diambil kesimpulan dan saran mengenai hasil simulasi.

Input Kendaraan Rencana dalam software *Vehicle Tracking* ditampilkan dalam gambar berikut :



<b>Kendaraan Rencana Semi Trailer</b>	
Overall Length	18.000m
Overall Width	2.500m
Overall Body Height	3.695m
Min Body Ground Clearance	0.417m
Track Width	2.500m
Lock-to-lock time	4.00s
Max Wheel Angle	50.00°

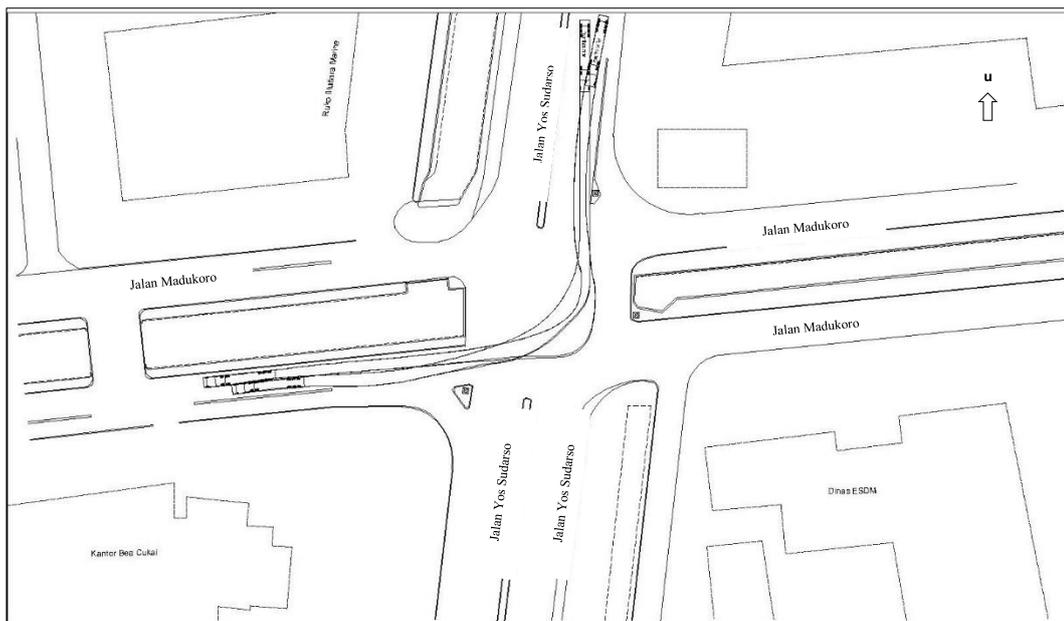
Gambar 2. Kendaraan Rencana (HV) untuk Simulasi Vehicle Tracking



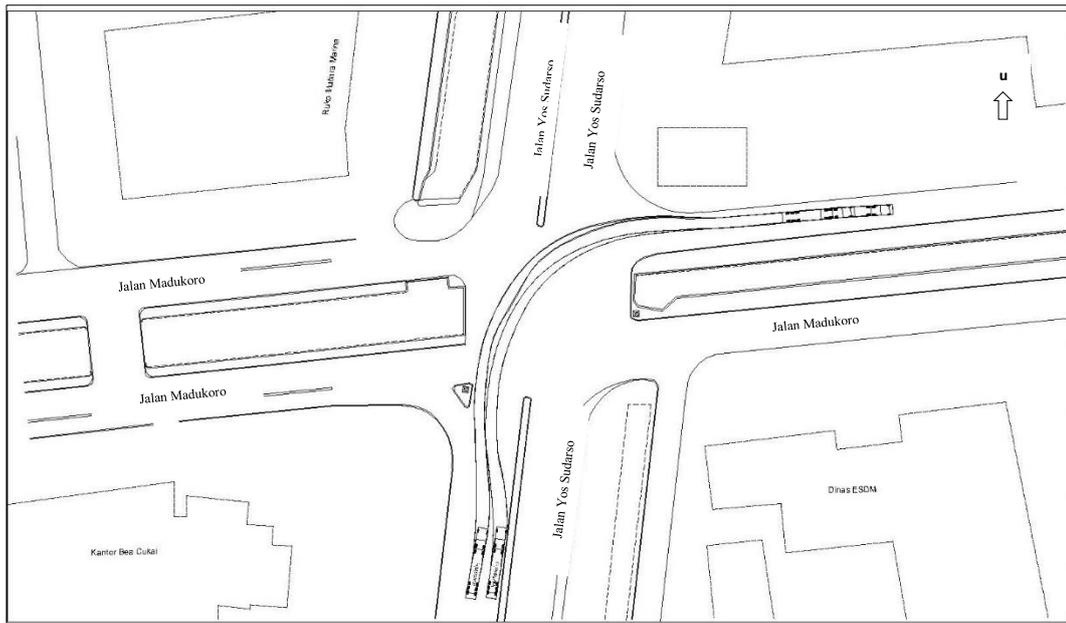
<b>Mobil Penumpang</b>	
Overall Length	5.800m
Overall Width	2.100m
Overall Body Height	1.809m
Min Body Ground Clearance	0.300m
Track Width	1.830m
Lock-to-lock time	4.00s
Curb to Curb Turning Radius	7.300m

Gambar 3. Kendaraan Rencana (LV) untuk Simulasi Vehicle Tracking

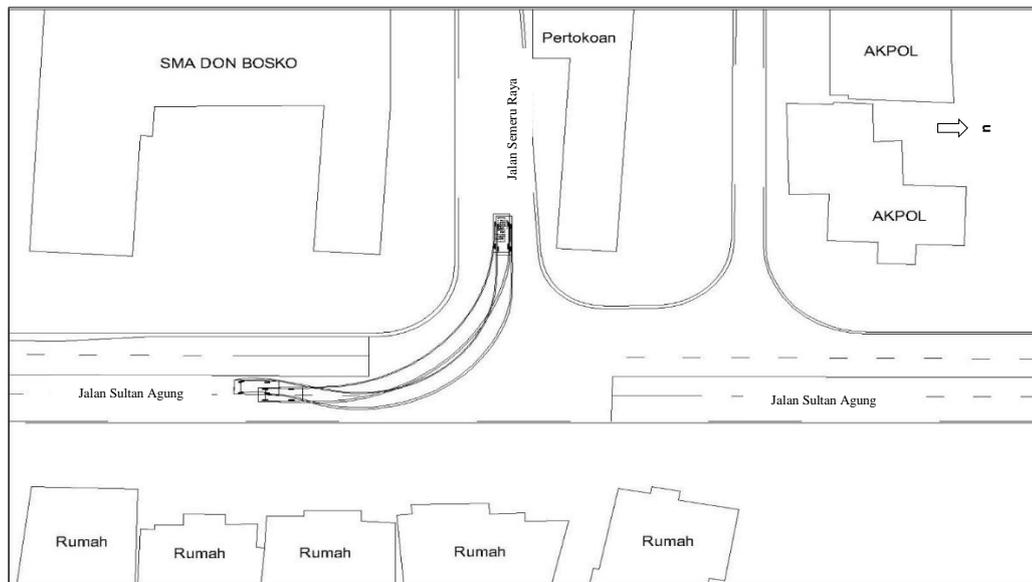
Contoh hasil simulasi kendaraan pada aplikasi *Vehicle Tracking* adalah :



Gambar 4. Manuver Kendaraan Rencana (HV) Pendekat Utara Simpang Arteri Utara



**Gambar 5. Manuver Kendaraan Rencana (HV) Pendekat Selatan Simpang Arteri Utara**



**Gambar 6. Manuver Kendaraan Rencana (LV) Pendekat Barat Simpang Sultan Agung**



Gambar 7. Manuver Kendaraan Rencana (LV) Pendekat Barat Simpang Ahmad Yani

**Optimasi Simpang**

Agar dapat memenuhi simpang yang dapat melayani pergerakan (manuver) kendaraan rencana serta melayani arus lalu lintas eksisting dengan baik, maka perlu dilakukan perbaikan dari kondisi eksisting. Perbaikan dilakukan baik dengan pengaturan lalu lintas maupun perbaikan geometrik. Perbaikan/optimasi geometrik dapat dilakukan dengan mengurangi panjang median atau memundurkan letak median. Perbaikan geometrik dipandang dapat membantu meningkatkan kinerja simpang, dikarenakan dengan berkurangnya waktu manuver kendaraan, dapat mengurangi tundaan geometrik (DG) pada simpang sehingga meningkatkan kinerja simpang secara keseluruhan. Berikut adalah rekapitulasi setelah dilakukan optimasi Simpang Arteri Utara, Simpang Sultan Agung serta Simpang Ahmad Yani dan perbandingan kinerja simpang yang hanya dilakukan penyesuaian waktu sinyal dan kinerja simpang setelah dilakukan optimasi geometrik pada Simpang Arteri Utara .

Tabel 4. Analisis Optimasi Geometrik Simpang Arteri Utara

Pendekat	Tundaan Lalu lintas rata-rata	Faktor Penyesuaian Belok Kanan	Arus Jenuh disesuaikan	Kapasitas	Derajat Kejenuhan
	(det/smp) DT	FRT	(smp/jam hijau) S	(smp/jam) C	DS
Timur	28,60	1,018731706	1,018731706	972,053	0,715
Selatan	33,23	1,163697038	1,163697038	1013,439	0,614
Barat	34,42	1,013528046	1,013528046	625,854	0,717
Utara	25,74	1,649982714	1,649982714	2230,372	0,433

Sumber : Analisis Data

**Tabel 5. Perbandingan Kinerja Hanya dengan Penyesuaian Waktu Sinyal dan Kinerja Setelah Dilakukan Optimasi Geometrik Simpang Arteri Utara**

Pendekat	Tundaan Lalu Lintas			Kapasitas			Derajat Kejenuhan		
	Eksisting	Optimasi Sinyal	Optimasi Geometrik	Eksisting	Optimasi Sinyal	Optimasi Geometrik	Eksisting	Optimasi Sinyal	Optimasi Geometrik
Timur	50,88	29,09	28,60	801,56	954,18	972,053	0,867	0,728	0,715
Selatan	38,00	35,72	33,23	1406,80	870,879	1013,439	0,442	0,714	0,614
Barat	59,25	34,90	34,42	534,38	617,5	625,854	0,840	0,727	0,717
Utara	30,33	29,98	25,74	1926,71	1351,755	2230,372	0,501	0,714	0,433

*Sumber : Analisis Data*

**Tabel 6. Analisis Optimasi Geometrik Simpang Sultan Agung**

Pendekat	Tundaan Lalu lintas rata-rata	Faktor Penyesuaian Belok Kanan	Arus Jenuh disesuaikan	Kapasitas	Derajat Kejenuhan
	(det/smp) DT	FRT	(smp/jam hijau) S	(smp/jam) C	DS
Timur	3,95	1,430738390	4460,206033	4316,3284	0,385
Selatan	21,21	1,134882614	2665,675838	1397,3300	0,489
Barat	47,87	1,008803657	3658,840072	531,12194	0,102

*Sumber : Analisis Data*

**Tabel 7. Perbandingan Kinerja Hanya dengan Penyesuaian Waktu Sinyal dan Kinerja Setelah Dilakukan Optimasi Geometrik Simpang Sultan Agung**

Pendekat	Tundaan Lalu Lintas			Kapasitas			Derajat Kejenuhan		
	Eksisting	Optimasi Sinyal	Optimasi Geometrik	Eksisting	Optimasi Sinyal	Optimasi Geometrik	Eksisting	Optimasi Sinyal	Optimasi Geometrik
Timur	4,08	4,060	3,95	3117,42	3542,32	4316,328	0,533	0,472	0,385
Selatan	38,81	22,670	21,21	939,54	1231,26	1397,330	0,727	0,555	0,489
Barat	47,95	53,730	47,87	561,31	369,328	531,122	0,097	0,146	0,102

*Sumber : Analisis Data*

Tabel 8. Perbandingan Kinerja dengan Penyesuaian Waktu Sinyal dan Kinerja Setelah Dilakukan Optimasi Geometrik Simpang Ahmad Yani

Pendekat	Tundaan Lalu lintas rata-rata	Faktor Penyesuaian Belok Kanan	Arus Jenuh disesuaikan	Kapasitas	Derajat Kejenuhan
	(det/smp) DT	FRT	(smp/jam hijau) S	(smp/jam) C	DS
Timur	33,06	1,194672308	4813,502	1816,415	0,69
Selatan	40,75	1,018501693	3769,212	640,0549	0,32
Barat	37,35	1,275632653	5183,935	1760,582	0,77
Utara	32,60	1,024119243	3202,804	997,0994	0,46

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil simulasi manuver kendaraan rencana pada layout geometrik eksisting menggunakan simulasi jejak kendaraan, diperoleh waktu manuver yang dibutuhkan kendaraan sebagai berikut :
  - Simpang Arteri Utara
    - Pendekat Timur- RT : LV : 22 detik, HV : 27 detik
    - Pendekat Selatan- RT : LV : 20 detik, HV : 28 detik
    - Pendekat Barat- RT : LV : 20 detik, HV : 24 detik
    - Pendekat Utara-RT : LV : 21 detik, HV : 29 detik
  - Simpang Sultan Agung
    - Pendekat Utara-RT : 12 detik
    - Pendekat Barat-RT : 14 detik
  - Simpang Ahmad Yani
    - Pendekat Timur-RT : 17 detik
    - Pendekat Selatan-RT : 12 detik
    - Pendekat Barat- RT : 14 detik
    - Pendekat Utara-RT : 13 detik
- Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, maka dilakukan optimasi simpang. Dari hasil optimasi maka dapat disimpulkan bahwa dengan adanya optimasi simpang maka didapatkan tundaan dan derajat kejenuhan yang lebih kecil serta kapasitas yang lebih besar.
- Optimasi geometrik yang dilakukan dengan melakukan penyesuaian median dan pelebaran jembatan dinilai cukup efektif memberikan hasil dengan berkurangnya waktu manuver kendaraan yang meningkatkan faktor belok kanan ( $F_{RT}$ ) sehingga derajat kejenuhan pendekat simpang berkurang. Peningkatan/optimasi kinerja simpang ini dapat dilakukan dengan catatan simpang telah terlebih dahulu mampu melayani arus kendaraan dengan baik ( $DS \leq 0,85$ ) karena optimasi geometrik ini hanya bersifat perbaikan untuk meningkatkan kinerja simpang. Seperti optimasi yang dilakukan pada simpang Arteri Utara, dengan melakukan pemotongan median 1,5 meter didapatkan waktu manuver kendaraan berkurang 3-5 detik, tundaan yang berkurang 5 detik/smp, kapasitas yang meningkat kurang lebih 300smp/jam, dan derajat kejenuhan yang berkurang 0,1-0,2.

## **SARAN**

1. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, pada Simpang Arteri Utara, Simpang Sultan Agung, dan Simpang Ahmad Yani perlu dilakukan optimasi geometrik dan pengaturan ulang sinyal lalu lintas untuk dapat mengakomodasi manuver kendaraan dengan efisien serta melayani arus lalu lintas eksisting dengan baik pada tiap-tiap pendekat.
2. Perlu diadakan pengaturan sinyal lalu lintas simpang berkala secara rutin menyesuaikan perubahan arus lalu lintas di lapangan.
3. Perlu dilakukan studi/penelitian lanjutan mengenai manuver kendaraan yang meliputi belok kanan, lurus, dan belok kiri.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Andre Hapendra S. dan Paulus Dwi Susanto, 2004. *Evaluasi dan Perencanaan Simpang (Jl. Siliwangi - Jl. Gatot Subroto - Jl. Subali Raya) Kota Semarang*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 2017. *Kota Semarang dalam Angka*, Badan Pusat Statistik Kota Semarang, Semarang.
- Christian Andhika Haryanto dan Gandhi Alif, 2017. *Analisis Dampak Manuver Kendaraan Angkutan Barang Pada Kinerja Simpang Dan Putaran Balik Menggunakan Simulasi Jejak Kendaraan (Studi Kasus Simpang Kawasan Industri Candi, Simpang Arteri Lingkar Utara Dan Putaran Balik Kawasan Industri Terboyo - Semarang)*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002. *Tatacara Perencanaan Geometrik Persimpangan Sebidang*, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1992. *Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan*, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta.
- Google Earth, 2017. Diambil kembali dari Google Earth: <http://earth.google.com>