

EFEKTIFITAS KINERJA SIMPANG TAK BERSINYAL BUNDRAN KELAPA GADING DENGAN SIMPANG BERSINYAL

Bagus Setiono^{1*}, Fisika Prasetyo Putra^{1**}, Adji Putra Abriantoro^{1***}

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

*Email: bagussetiono@gmail.com

**Email: fisika.prasetyo@uta45jakarta.ac.id

***Email: adji.putra@uta45jakarta.ac.id

Abstrak

Persimpangan Bundaran Kelapa Gading, Jakarta Utara merupakan salah satu persimpangan simpang tak bersinyal dengan bundaran. Kondisi lalu lintas yang mempunyai kepadatan di setiap lengannya, memicu terjadinya kemacetan lalu lintas pada jam-jam sibuk. Pada penelitian ini akan disajikan analisis kinerja pada Bundaran Kelapa Gading. Data primer meliputi geometrik, kondisi lingkungan, arus lalu lintas dan peta lokasi. Sedangkan data sekunder meliputi jumlah penduduk dan pertumbuhan kendaraan di Provinsi DKI Jakarta. Metode penelitian menggunakan rumusan yang terdapat pada panduan MKJI tahun 1997 serta pemodelan menggunakan software Vissim Student Version. Setelah dievaluasi kinerja rata-rata bundaran didapatkan $DS < 0.69$, kapasitas 7927 smp/jam, arus simpang 5286 smp/ jam pada rata-rata simpang di jam puncak bundaran, dalam hal ini bundaran masih layak dipertahankan. Namun dalam penelitian ini dilakukan peramalan pada 5 tahun mendatang didapat pada tahun ke tiga derajat kejenuhan mencapai $DS > 0.75$ pada salah satu atau beberapa bagian jalan maka dapat perubahan menjadi simpang bersinyal.

Kata kunci: Bundaran Kelapa Gading, Simpang bersinyal, MKJI

Abstract

The Kelapa Gading roundabout junction in North Jakarta is one of the unsignalized intersections with the roundabout. Traffic conditions that have a density in every arm, trigger traffic jams during rush hours. In this study, an analysis of the performance of the Kelapa Gading roundabout will be presented. Primary data includes geometric, environmental conditions, traffic flow and location maps. While secondary data includes population and vehicle growth in DKI Jakarta Province. The research method uses the formula contained in the 1997 MKJI and modeling using the Vissim Student Version software. After evaluating the performance of the roundabout, it is found that the capacity, degree of saturation, delays and opportunities for queuing roundabouts. If the degree of saturation $DS > 0.75$ in one or several parts of the road can be changed to a signalized intersection.

Keywords: Kelapa Gading Roundabout, Signalized intersection, MKJI

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jakarta Utara adalah nama sebuah kota administrasi di bagian utara Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021 Jakarta Utara memiliki jumlah lebih dari 1,7 juta jiwa penduduk. Tidak heran jika kota Jakarta Utara sering terjadi kemacetan di area tertentu, karena kota Jakarta Utara bukan hanya dipenuhi oleh penduduk asli melainkan pelajar, pekerja dan lain sebagainya yang datang dari berbagai daerah. Dengan adanya simpang bersinyal maupun tak bersinyal diharapkan dapat meminimalkan kemacetan yang ada.

Bagian jalinan dikendalikan dengan aturan lalu lintas Indonesia yaitu memberi jalan pada yang kiri. Bagian jalinan dibagi dua tipe utama yaitu bagian jalinan tunggal dan bagian jalinan bundaran. Bundaran dianggap sebagai jalinan yang berurutan. Bundaran akan efektif jika digunakan antara jalan dengan ukuran dan tingkat arus yang sama. Karena itu bundaran sangat sesuai untuk bundaran antara jalan dua-lajur atau empat-lajur. Untuk bundaran antara jalan yang lebih besar, penutupan daerah jalinan mudah terjadi dan keselamatan bundaran menurun (Departemen PU, 1997).

Bundaran adalah alternatif lain pengganti lampu lalu lintas. Bundaran lebih disukai apabila arus pada setiap lengan relatif seimbang, terdapat volume yang tinggi untuk lalu lintas membelok ke

kanan dan jika persimpangan mempunyai lebih dari 4 lengan. Berdasarkan hal tersebut, penulis

tertarik untuk melakukan penelitian terhadap kinerja persimpangan pada bundaran Kelapa Gading menggunakan simulasi lalu lintas dengan *software PTV VISSIM*, dengan menggunakan *information groundwork* yang dilaksanakan survei selama satu hari pada jam sibuk. *VISSIM* menyediakan kemampuan animasi dengan perangkat tambahan besar dalam 3 Dimensi. Simulasi jenis kendaraan yaitu, mobil penumpang, truk, kereta api ringan dan kereta api berat. Selain itu, klip video dapat direkam dalam program. Dengan kemampuan untuk secara dinamis mengubah pandangan dan perspektif (Fellendorf, 1994; Gomes et al., 2004; Vissim, 2008).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui efektifitas lalu lintas pada jam-jam sibuk di bundaran.
2. Mengetahui cara menggunakan *software PTV vissim student version*.
3. Mengetahui kinerja bundaran setelah diberikan persinyalan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, maka perumusan masalah yang diperlukan untuk penelitian ini adalah:

1. Bagaimana arus lalu lintas yang terjadi pada bundaran di jam-jam sibuk?
2. Bagaimana kinerja bundaran setelah dilakukan persinyalan?
3. Bagaimana cara mengoperasikan software Vissim untuk membuat simulasi kondisi arus lalu lintas pada bundaran, serta mengetahui kekurangan dan kelebihan pada *software PTV Vissim Student Version*?

1.4 Tinjauan Terhadap Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan tentang simulasi lalu lintas menggunakan *software PTV Vissim*, antara lain dilihat pada tabel dibawah ini

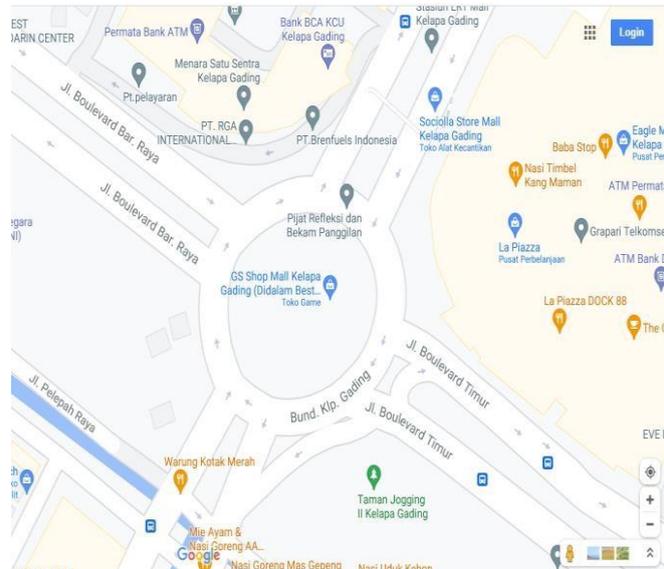
Tabel 1. Penelitian terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelit	Hasil Penelitian
1	Galuh Pamusti, Herman, dan Andrea Maulana	Kinerja Simpang Jalan Jakarta-Jalan Supratman Kota Bandung dengan metode MKJI dan <i>Software PTV Vissim 9 / 2017</i>	Hasil kinerja simpang dari penelitian ini yang disimulasikan dengan <i>software PTV Vissim 9</i> menghasilkan panjang antrian maksimal 182,97 m pada lengan simpang Jalan Ahmad Yani dan tundaan rata – rata 82,96 detik, dilihat dari analisis dengan MKJI 1997 didapat DS 0,898 dan menjadikan arus tidak stabil karena volume lalu lintas mendekati kapasitas dari jalan, panjang antrian 244,345 m. dan tundaan 84,699 detik/smp
2	Trinoko Lutfi Saputro, Arum Prastiyo Putri, Alnovia Suryaningsih, Zia Sakinah Putri, dan Muhammad Salahuddin	Kajian simpang tiga tak bersinyal Kariangau KM. 5,5 Kelurahan Karang Joang Balikpapan Utara menggunakan permodelan Visim menjadi simpang bersinyal / 2018	Untuk dapat hasil dari sebuah penelitian yaitu dengan memodelkan nya dengan <i>Software PTV Vissim 9 Student Version</i> , dan memberikan alternatif solusi di perlukan data geometrik, arus lalu lintas dan volume lalu lintas dilapangan. Sehingga terlihat efektifitas dari perubahan tak bersinyal menjadi simpang bersinyal
3	Untoro Nugroho, dan Ganang Cucu Dwiatmaja	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Bantuan Perangkat Lunak Vissim Student Version (Studi Kasus: Simpang Sompok, Candisari, Semarang) / 2021	Dari hasil keluaran perangkat lunak Vissim dengan melakukan skenario pada simpang sompok yang awal mula tingkat pelayanan (F) sangat buruk dengan melakukan skenario persimpangan dari pengalihan arus, perubahan geometri, dan kombinasi skenario mendapatkan hasil pelayanan (B) yaitu baik.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Bundaran Kelapa Gading (Boulevard Raya, Boulevard Barat Raya, dan Boulevard Timur Raya) Jakarta Utara. Survei arus kendaraan pada simpang jalan Boulevard Raya, jalan Boulevard Barat Raya dan jalan Boulevard Timur Raya dilaksanakan selama 3 (tiga) hari pada jam puncak pagi, siang dan sore hari, yaitu pada hari kerja (weekday) Jumat, 11 Juni 2021. Senin, 14 Juni 2021 dan 16 Juni 2021. Terlampir pada gambar 3.1 peta lokasi Bundaran tak bersinyal jalan Boulevard Raya.

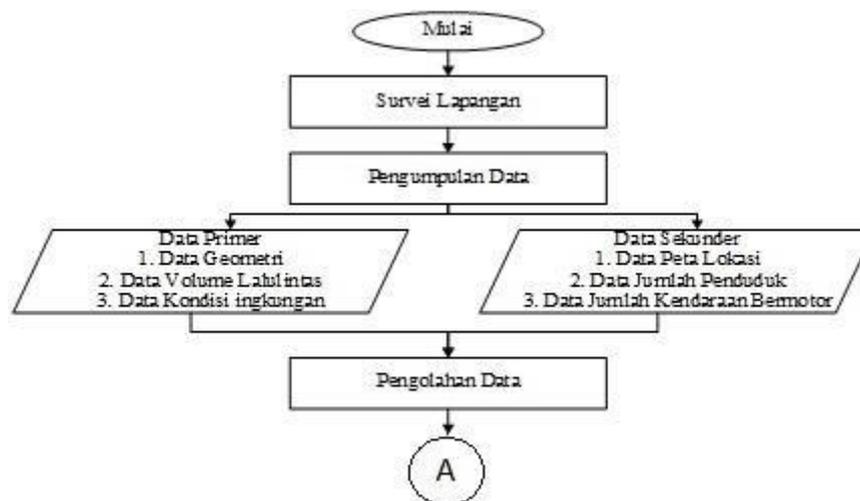


Gambar 1. Peta lokasi bundaran kelapa gading

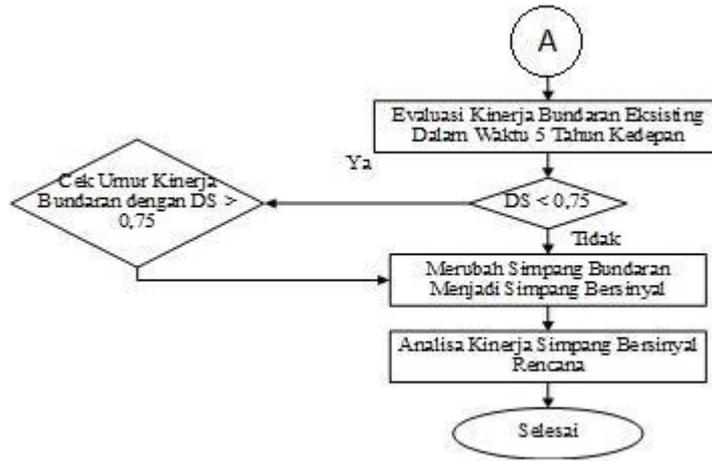
2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data bermaksud untuk mendapatkan informasi mengenai karakteristik lalu lintas yang ada. Metode dalam penelitian ini terdapat dua jenis yaitu, data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung dari survei lapangan, seperti data geometrik simpang, data tipe lingkungan dan arus kendaraan. Sedangkan data sekunder diperoleh dari berbagai sumber dan penelitian terdahulu seperti, buku, jurnal, dan peta lokasi bundaran dari *google maps*.

2.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2a. Diagram alir



Gambar 3b. Diagram alir (Lanjutan)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

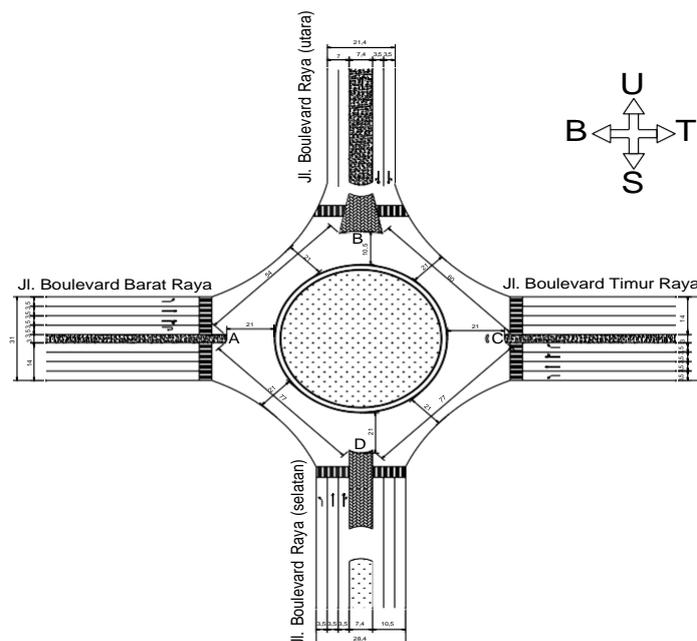
3.1 Data Geometrik Simping

Geometrik simping jalan Boulevard Raya, jalan Boulevard Barat Raya, jalan Boulevard Timur Raya termasuk jalan perkotaan dengan perkerasan kaku (beton).

Tabel 2. Data geometrik bundaran

Lengan Simping	Lebar Pendekat (meter)		
	Pendekat (W _a)	Masuk (W _{ENTRY})	Keluar (W _{EXIT})
Boulevard Raya (Utara)	7	10,50	7
Boulevard Raya (Selatan)	10,50	7	7
Boulevard Timur Raya	14	14	14
Boulevard Barat Raya	14	14	14

(Sumber: Hasil Survei Lapangan, 2021)



Gambar 4. Sketsa bundaran kelapa gading

3.2 Analisis Pertumbuhan Kendaraan

Statistik jumlah kendaraan bermotor di DKI Jakarta mengalami peningkatan yang cukup signifikan di tahun 2021 jumlah kendaraan bermotor di DKI Jakarta naik sebesar 70,8% atau sebanyak 8.381.900 kendaraan dari tahun sebelumnya.

Tabel 3. Jumlah kendaraan bermotor (Unit) DKI Jakarta

Tahun	Jenis Kendaraan		
	Kendaraan Berat (HV)	Motor (MC)	Mobil (LV)
2017	832.309	7.773.511	2.668.777
2018	835.561	8.136.410	2.789.377
2019	838.158	8.194.590	2.805.989
2021	973.894	16.141.380	3.365.467

(Sumber: BPS Provinsi DKI Jakarta, 2021)

1. Analisis Regresi Jumlah Kendaraan Sepeda Motor (MC)

Untuk memperoleh tingkat pertumbuhan kendaraan di Provinsi DKI Jakarta dilakukan dengan metode analisis regresi linier dilihat pada Tabel 4. Analisis regresi linier sepeda bermotor (MC) dibawah ini:

Tabel 4. Analisis regresi linier sepeda bermotor (MC)

Tahun	Waktu (t)	Jumlah Kendaraan		
	x	y	x ²	x.y
2017	1	7,773,511	1	7,773,511
2018	2	8,136,410	4	16,272,820
2019	3	8,194,590	9	24,583,770
2021	4	16,141,380	16	64,565,520
Σ	10	40,245,891	30	113,195,621

(Sumber: Olah data peneliti, 2021)

$$Y = a + bX$$

$$a = \frac{(\sum Y * \sum X^2 - \sum X * \sum XY)}{(n * \sum X - (\sum X)^2)}$$

$$a = \frac{(40,245,891 * 30 - 10 * 113,195,621)}{(4 * 30 - 10^2)}$$

$$a = 3,771,026$$

$$b = \frac{(n * \sum XY - \sum X * \sum Y)}{(n * \sum X - (\sum X)^2)}$$

$$b = \frac{(4 * 13,195,621 - 10 * 40,245,891)}{(4 * 30 - 10^2)}$$

$$b = 2,516,178$$

Sehingga:

$$Y = 3,771,026 + 2,516,178 X$$

$$i = \frac{(\text{Jum. kendaraan}_{+1} - \text{Jum. kendaraan})}{(\text{Jum. kendaraan})}$$

Tingkat pertumbuhan lalu lintas rata-rata:

$$i_{rt} = \frac{(\sum i)}{n} = \frac{(146.54)}{20} = 7.33\%$$

2. Analisis Regresi Jumlah Kendaraan Mobil Penumpang (LV)

Untuk memperoleh tingkat pertumbuhan kendaraan di Provinsi DKI Jakarta dilakukan dengan metode analisis regresi linier dilihat pada Tabel 5. Analisis regresi linier mobil penumpang (LV) dibawah ini:

Tabel 5. Analisis regresi linier mobil penumpang (LV)

Tahun	Waktu (t)	Jumlah Kendaraan		
	x	y	x ²	x.y
2017	1	2,668,777	1	2,668,777
2018	2	2,789,377	4	5,578,754
2019	3	2,805,989	9	8,417,967
2021	4	3,365,467	16	13,461,868
Σ	10	11,629,610	30	30,127,366

(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

Tingkat pertumbuhan lalulintas rata-rata:

$$i_{rt} = \frac{(\Sigma i)}{n} = \frac{(81,78)}{20} = 4,09\%$$

3. Analisis Regresi Jumlah Kendaraan Berat (HV)

Untuk memperoleh tingkat pertumbuhan kendaraan di Provinsi DKI Jakarta dilakukan dengan metode analisis regresi linier dilihat pada Tabel 6. Analisis regresi linier kendaraan berat (HV) dibawah ini:

Tabel 6. Analisis regresi linier kendaraan berat (HV)

Tahun	Waktu (t)	Jumlah Kendaraan		
	x	y	x ²	x.y
2017	1	832,309	1	832,309
2018	2	835,561	4	1,671,122
2019	3	838,158	9	2,514,474
2021	4	973,894	16	3,895,576
Σ	10	3,479,922	30	8,913,481

(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

Tingkat pertumbuhan lalu lintas rata-rata:

$$i_{rt} = \frac{(\Sigma i)}{n} = \frac{(63,89)}{20} = 3,19\%$$

3.3 Evaluasi Eksisting Bundaran Pada Hari Kerja Tahun 2021

Data kondisi lalu lintas didapatkan dari hasil pengamatan di lapangan dengan menghitung jumlah kendaraan yang memasuki bundaran pada jam-jam puncak. Data volume lalu lintas tersebut diolah dengan mencari jam puncak, lalu setelah mendapatkan jam puncak yang di peroleh maka volume kendaraan pada masing-masing pendekatan diketahui. Perhitungan dari hasil olah data volume kendaraan dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini:

1. Kapasitas Bundaran

Kapasitas arus lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C = C_0 \times F_{CS} \times F_{RSU} \text{ (smp/jam)}$$

Dimana untuk mencari C₀ dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$C_0 = W_w \times (W_e/W_w) \times P_w \times W_A$$

$$C_0 \text{ Lengan AB} = 7067 \times 2,482 \times 0,873 \times 0,554 = 8481 \text{ smp/jam}$$

Diketahui untuk mendapatkan nilai C yaitu dengan menjumlahkan nilai yang sudah diketahui, sebagai berikut:

$$C \text{ Lengan AB} = C_0 \times F_{CS} \times F_{RSU} = 8481 \times 1,0 \times 0,94 = 7973 \text{ smp/jam}$$

Didapat kapasitas pada jam puncak terjadi pada hari jumat sore hari pada bagian lengan AB adalah 7971 smp/jam, lengan BC adalah 5693 smp/jam, lengan CD adalah 9336 smp/jam, lengan DA adalah 8708 smp/jam.

Dengan perhitungan sebelumnya maka diketahui Kapasitas Simpang (C) dan lengan simpang lainnya seperti tabel dibawah ini.

Tabel 7. Kapasitas bundaran Jumat sore

Bagian Jalinan	Kapasitas dasar Co smp/jam	Faktor Penyesuaian		Kapasitas C smp/jam
		Ukuran Kota Fcs	Link. Jalan Frs	
AB	8480	1	0.94	7973
BC	6064	1	0.94	5700
CD	9480	1	0.94	8911
DA	8868	1	0.94	8336

(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

2. Derajat Kejenuhan Bundaran

Derajat kejenuhan, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DS = Q_{SMP} / C$$

Untuk perhitungan DS dapat dilihat pada uraian dibawah ini.

$$DS \text{ Lengan AB} = Q_{SMP} / C = 5804/7973 = 0,75$$

Dengan perhitungan sebelumnya maka diketahui Derajat Kejenuhan (DS) dan lengan simpang lainnya seperti tabel dibawah ini.

Tabel 8. Derajat kejenuhan bundaran Jumat sore

Bagian Jalinan	Arus bagian jalinan Q smp/jam	Kapasitas C smp/jam	Derajat kejenuhan DS
AB	5804	7973	0.73
BC	5976	5700	1.05
CD	3922	8911	0.44
DA	4336	8336	0.52

(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

3. Tundaan lalu lintas bagian jalinan (DT)

Dimana untuk mendapatkan hasil dari tundaan (DT) dapat digunakan dengan rumus sebagai berikut:

$$DT = 2 + 2,66982 \times DS - (1 - DS) \times 2. \text{ (untuk } DS < 0,6)$$

$$DT = 1 / (0,59186 - 0,52525 \times DS) - (1 - DS) \times 2. \text{ (untuk } DS > 0,6)$$

Untuk perhitungan DS dapat dilihat pada uraian dibawah ini.

$$DT \text{ Lengan AB} = 1 / (0,59186 - 0,52525 \times 0,73) - (1 - 0,73) \times 2 = 4,23$$

4. Peluang antrian bagian jalinan (OP%)

Peluang antrian dihitung dari hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan.

$$\text{Batas Atas} = QP\% = 26,65 \times DS - 55,55 \times DS^2 + 108,57 \times DS^3$$

$$\text{Batas Bawah} = QP\% = 9,1 \times DS + 29,967 \times DS^{4,619}$$

Lengan AB

$$QP\% = 26,65 \times 0,73 - 55,55 \times 0,73 + 108,57 \times 0,73 = 32$$

$$QP\% = 9,1 \times 0,73 + 29,967 \times 0,73^{4,619} = 14$$

Dengan perhitungan sebelumnya maka diketahui tundaan lalulintas (DT) dan Peluang antrian (QP%) dan lengan simpang lainnya seperti tabel dibawah ini.

Tabel 9. Tundaan dan peluang antrian

Bagian Jalinan	Tundaan lalulintas DT	peluang antrian
AB	4.23	32-14
BC	24.36	92-47
CD	2.06	10-5
DA	2.22	24-6

(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

3.4 Analisa kinerja bundaran Kelapa Gading untuk 5 tahun kedepan

Berikut ini adalah hasil Analisa evaluasi bundaran Kelapa Gading, Jakarta Utara untuk lima tahun kedepan tercatat dalam untuk hari kerja jam puncak sore pada hari jumat, senin dan rabu.

Tabel 10. Rekapitulasi hasil analisa kinerja bundaran Kelapa Gading, jam puncak Jumat sore

Tahun	Bagian Jalinan	Arus Bagian Jalinan Q (smp/jam)	Kapasitas C (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (DS)	Tundaan Lalulintas (det/smp)
2021	AB	6330	7971	0.79	5.31
	BC	5303	5696	0.93	9.58
	CD	4629	9334	0.50	2.33
	DA	6088	8711	0.70	3.58
2022	AB	6680	7971	0.84	6.27
	BC	5586	5695	0.98	13.01
	CD	4875	9335	0.52	2.45
	DA	6428	8712	0.74	3.72
2023	AB	7051	7970	0.88	7.63
	BC	5892	5695	1.03	20.72
	CD	5141	9335	0.55	2.58
	DA	6790	8712	0.78	3.88
2024	AB	7444	7970	0.93	9.74
	BC	6216	5694	1.09	54.19
	CD	5423	9335	0.58	2.72
	DA	7173	8712	0.82	4.04
2025	AB	7861	7970	0.99	13.53
	BC	6559	5694	1.15	-75.61
	CD	5721	9334	0.61	2.87
	DA	7580	8711	0.87	4.21

(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

3.5 Analisa Perbaikan Bundaran Menjadi Simpang Bersinyal

Pada perencanaan geometrik simpang untuk bundaran Kelapa Gading, Jakarta Utara. Dengan pengukuran langsung maupun pengamatan secara virtual degan alat bantu *google earth* di lokasi penelitian. Kondisi geometrik dan persimpangan dapat dilihat pada berikut.

Tabel 11. Geometrik simpang bersinyal

Lengan Simpang	Lebar Pendekat (meter)			
	Pendekat	Masuk	LTOR	Efektif
Boulevard Raya (Utara)	7	10,50	0	10,50
Boulevard Raya (Selatan)	10,50	7	3,50	7
Boulevard Timur Raya	14	14	0	10,50
Boulevard Barat Raya	14	14	0	10,50

(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

1. Kapasitas Simpang Bersinyal

Untuk menentukan nilai kapasitas simpang (C) dapat menggunakan rumus dibawah ini.

$$C = S \times g/c$$

Perhitungan pendekat pada jam puncak sore hari untuk persimpangan di bundaran Kelapa Gading, Jakarta Utara. Kapasitas simpang (C) yaitu.

$$C = 6674 \times 80/237$$

$$C = 2250 \text{ smp/jam}$$

Dengan perhitungan sebelumnya maka diketahui Kapasitas Simpang (C) dan lengan simpang lainnya seperti tabel dibawah ini.

Tabel 12. Kapasitas simpang bersinyal

Bagian Jalinan	Arus Jenuh (S)	Waktu Hijau (g)	Waktu Yang disesuaikan (c)	Kapasitas Simpang (C)
AB	6674	42	237	2250
BC	4463	40	237	1223
CD	8985	25	237	1325
DA	8850	33	237	2126

(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

2. Derajat Kejenuhan Simpang Bersinyal

Derajat kejenuhan adalah suatu keadaan dimana simpang mengalami batas kejenuhan tertentu akibat pergerakan arus yang dibagi dengan kapasitas jalan yang ada.

Untuk menentukan nilai kapasitas simpang (C) dapat menggunakan rumus dibawah ini.

$$DS = Q/C$$

Perhitungan pendekat pada jam puncak sore hari untuk persimpangan di bundaran Kelapa Gading, Jakarta Utara. Derajat kejenuhan (DS) yaitu

$$DS = 6674/2034 = 0.90$$

Dengan perhitungan sebelumnya maka diketahui derajat kejenuhan (DS) dan lengan simpang lainnya seperti tabel dibawah ini.

Tabel 13. Derajat kejenuhan simpang bersinyal

Bagian Jalinan	Arus Lalulintas (Q)	Kapasitas C smp/jam	Derajat kejenuhan DS
AB	2034	2250	0.90
BC	1094	1223	0.89
CD	1070	1352	0.81
DA	1848	2126	0.87

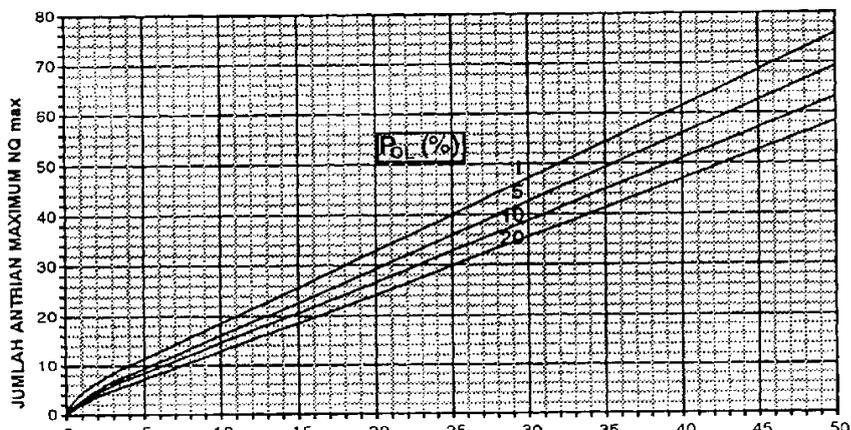
(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

3. Analisis Panjang Antrian

Untuk perhitungan ini dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$QL = NQ_{\max} \times \frac{20}{W_{\text{masuk}}}$$

Sebelum mengetahui nilai Panjang antrian (QL) diharuskan menghitung nilai jumlah antrian maksimum (NQ_{max}) dengan menggunakan gambar dibawah ini.



Gambar 5 Jumlah antrian maximum (NQ)

Perhitungan pendekatan pada jam puncak sore hari untuk persimpangan di bundaran Kelapa Gading, Jakarta Utara. Analisis Panjang antrian (QL) yaitu.

$$QL = 186.7 \times \frac{20}{10.5}$$

$$QL = 356 \text{ meter}$$

Tabel 14. Panjang antrian (QL)

Bagian Jalinan	NQ _{MAX}	W _{MASUK}	Panjang Antrian (QL)
AB	186.7	10.5	356
BC	106	7	303
CD	103	14	147
DA	180	14	114

(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

4. Tundaan Rata-Rata Seluruh Simpang (D1)

Untuk menentukan tundaan rata-rata seluruh simpang (D1) dapat menggunakan rumus dibawah ini.

$$D1 = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{tot}}$$

Sebelum menentukan nilai tundaan rata-rata seluruh simpang (D1) harus diketahui terlebih dahulu nilai keseluruhan total antara nilai arus lalu lintas (Q) di kalikan dengan nilai tundaan (D).

Perhitungan pendekatan pada jam puncak untuk persimpangan di bundaran Kelapa Gading, Jakarta Utara. Sore hari yaitu.

$$(D \times Q) = 2034 \times 84.88 = 172645$$

Tabel 15. Total tundaan lalu lintas

Bagian Jalinan	Arus Lalulintas (Q)	Tundaan (D)	(Q x D)
AB	2034	84.88	172621
BC	1094	96.56	104554
CD	1070	105.64	113014
DA	1848	100.04	184871

(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

Perhitungan pendekat pada jam puncak untuk persimpangan di bundaran Kelapa Gading, Jakarta Utara. Tundaan rata-rata seluruh simpang yaitu.

$$D1 = \frac{\Sigma(575060)}{7694} = 74.7 \text{ det/smp}$$

Tabel 16. Rekapitulasi Tundaan Rata-Rata Simpang Bersinyal

Pendekat	Tundaan lalulintas Rata-Rata (D1)
Jumat Pagi	44.8
Jumat Sore	74.7

(Sumber: Olah Data Peneliti, 2021)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil evaluasi kinerja bundaran Kelapa Gading menjadi simpang bersinyal maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Menurut data hasil survey yang telah dilakukan selama 1 hari pada jam sibuk, diketahui volume kendaraan jam puncak pada bundaran Kelapa Gading adalah sebesar, 9116 smp/jam pada jumat pagi, 10461 smp/jam pada jumat sore.
2. Berdasarkan hasil kinerja bundaran Kelapa Gading kondisi eksisting pada hari kerja tahun 2021 didapatkan rata-rata DS < 0.68 pada semua jam puncak pagi, siang dan sore. Hal ini menjadikan bahwa simpang bundaran Kelapa Gading masih layak di pertahankan menurut MKJI.
3. Dari hasil regresi linier jumlah pertumbuhan kendaraan di Provinsi DKI Jakarta kinerja bundaran bisa bertahan tiga tahun kedepan dimulai dari tahun dilakukannya evaluasi kinerja jalinan jalan yaitu tahun 2021 karena di dapat rata-rata derajat kejenuhan pada bagian jalinan jalan bundaran Kelapa Gading memiliki DS > 0.75, yaitu sebesar 0.83 DS.
4. Berdasarkan hasil kinerja bundaran setelah menjadi simpang bersinyal dengan pengaturan 4 fase didapat derajat kejenuhan pada simpang bersinyal rata-rata DS > 0.83

4.2 Saran

Setelah dilakukan permodelan dan evaluasi kinerja jaringan jalan pada bundaran Kelapa Gading hasil dari pada simpang bersinyal yang di lakukan analisis masih dalam tingkat pelayanan yang kurang baik, dan sebagai penulis menyarankan:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut tentang kinerja bundaran Kelapa Gading dengan
 - a. Mengevaluasi jaringan jalan pada area tersebut.
 - b. Melakukan pemodelan ulang dalam pemilihan fase sinyal menjadi 2 fase.
2. Dilakukan pengamatan yang lebih akurat seperti dilakukan pada satu hari 24 jam, atau melakukan peletakan CCTV untuk melihat kondisi arus lalulintas dari atas.
3. Persimpangan bundaran Kelapa Gading masih layak di buat simpang tak bersinyal, hanya saja setiap pada jam puncak diperlukan bantuan penanganan petugas yang berwajib untuk mengatur lalu lintas kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A. A. (2005). Rekayasa lalu lintas. *Universitas Muhammadiyah Malang, Malang*.
- Badan Pusat Statistik, (2020). Provinsi DKI Jakarta Dalam Angka (2020). Jakarta, BPS
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta; Dirjen Bina Marga.
- Risdiyanto. (2014). Rekayasa dan Manajemen Lalu Lintas: Teori dan Aplikasi. Yogyakarta: PT Leutika Nouvalitera