



Evaluasi Efektivitas Lajur Tambahan Pada Ruas Jalan Akibat Pekerjaan Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Peninggian Badan Jalan Tol Pondok Aren–Serpong)

Fayza S. Alamri^{#a}, Meike M. Kumaat^{#b}, Samuel Y. R. Rompis^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aalamrisaskiaalamri@gmail.com, ^bmeikekumaat@unsrat.ac.id, ^csemrompis@unsrat.ac.id

Abstrak

Jalan tol Pondok Aren-Serpong merupakan salah satu jalan tol yang menghubungkan kota Jakarta dan kota Tangerang Selatan yang memiliki mobilitas penduduk yang tinggi. PT Bintaro Serpong Damai selaku badan usaha jalan tol yang memegang konsesi jalan tol Pondok Aren-Serpong mengadakan proyek peninggian badan jalan dan pembangunan kolam retensi untuk mengatasi genangan yang terjadi saat curah hujan tinggi. Proyek konstruksi ini berdampak pada berkurangnya ruas jalan tol dan menyebabkan kemacetan pada jam-jam sibuk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakter arus lalu lintas pada area yang terdapat konstruksi selama jam sibuk, hubungan kecepatan kepadatan dan volume melalui model Greenshields, Greenberg, dan Underwood, kinerja lalu lintas menurut PKJI 2014 Jalan Bebas Hambatan, dan efektivitas lajur tambahan yang diterapkan dalam menangani kemacetan yang disebabkan oleh proyek konstruksi yang disimulasikan menggunakan aplikasi PTV Vissim. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik arus lalu lintas pada hari Senin tanggal 22 Mei 2023 yaitu volume kendaraan 5261 skr/jam pada pukul 06.30-06.45 WIB dengan kecepatan terendah 78,88 km/jam dan kepadatan tertinggi 66,70 skr/km. Model greenshields dipilih sebagai model terbaik dengan nilai koefisien determinasi 0,626 dan volume maksimum 6343,99 skr/jam, kecepatan saat arus bebas 112,97 km/jam, dan kepadatan saat kondisi macet total 224,63 skr/km. Kinerja lalu lintas pada area yang terdapat konstruksi yaitu derajat kejenuhan (Dj) sebesar 0,46 dimana masih dalam batas aman untuk jalan bebas hambatan. Kecepatan tempuh (VT) sebesar 100 km/jam dan waktu tempuh (TT) adalah 0,01 jam. Lajur tambahan yang diterapkan yaitu 4 lajur arah Jakarta dan 1 lajur arah Serpong menggunakan ruas milik PT MTN merupakan kondisi paling efektif dalam menangani kemacetan dengan hasil simulasi PTV Vissim kecepatan kendaraan rata-rata 75,36 km/jam, kepadatan 65,46 kend/km, Level of Service A, waktu tempuh 8,39 detik, tundaan 0,61 detik, dan panjang antrian 95,43 m sebelum memasuki area konstruksi.

Kata kunci: jalan bebas hambatan, rekayasa lalu lintas, PKJI 2014, PTV Vissim

1. Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Kota Tangerang Selatan adalah sebuah kota di provinsi Banten, Indonesia. Kota ini berjarak 30 km sebelah barat Jakarta dan 90 km sebelah tenggara kota Serang atau ibu kota provinsi Banten. Tangerang Selatan juga merupakan salah satu wilayah yang menghubungkan provinsi Banten dengan provinsi Jawa Barat yang menjadikan Tangerang Selatan sebagai wilayah yang strategis dan perkembangan ekonominya meningkat sangat pesat. Iklim di wilayah perkotaan Tangerang Selatan adalah tropis dengan curah hujan yang tinggi sehingga membutuhkan banyak daerah resapan. Karena pertumbuhan penduduk yang pesat daerah resapan air menjadi permukiman dan tidak dapat dipungkiri bahwa daerah aliran sungai menyempit dan menyebabkan terjadinya genangan air di jalan tol.

Jalan tol Pondok Aren-Serpong merupakan salah satu jalan tol yang menghubungkan kota Jakarta dan kota Tangerang Selatan yang memiliki mobilitas penduduk yang tinggi. Pembangunan infrastruktur transportasi memegang peranan penting dalam aktivitas penduduk

kota Tangerang Selatan dan kota Jakarta. Kondisi ini menuntut tersedianya fasilitas yang lebih baik, terutama pada kapasitas pelayanan jalan tol. PT Bintaro Serpong Damai selaku badan usaha jalan tol yang memegang konsesi jalan tol Pondok Aren-Serpong bekerja sama dengan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi dalam program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) dengan mengadakan kegiatan Magang dan Studi Independen Bersertifikat (MSIB) yang dapat diikuti oleh mahasiswa dari seluruh perguruan tinggi yang ada di Indonesia dimana penulis berkesempatan menjadi bagian dari kegiatan ini sebagai site engineer intern pada proyek peninggian badan jalan dan pembangunan kolam retensi untuk mengatasi genangan yang terjadi saat curah hujan tinggi.

Proyek konstruksi ini berdampak pada berkurangnya ruas jalan tol dan menyebabkan kemacetan pada jam sibuk. Maka badan usaha jalan tol menerapkan rekayasa lalu lintas untuk menangani kemacetan yang terjadi dengan menerapkan sistem lajur tambahan dan sistem buka-tutup lajur pada area konstruksi. Sistem lajur tambahan yang dilakukan yaitu berupa 4 lajur arah Jakarta dan penambahan 1 lajur arah Serpong pada pukul 06.00-09.00 menggunakan ruas jalan tol PT Marga Trans Nusantara. Sistem buka-tutup yang dilakukan yaitu berupa adanya perubahan lajur seperti 4 lajur hanya untuk arah Jakarta pada pukul 06.00-09.00 dan pukul 09.00-06.00 2 lajur arah Jakarta dan 2 lajur arah Serpong.

Berdasarkan hal ini dilakukan penelitian terhadap efektivitas rekayasa lalu lintas yang diterapkan pada area konstruksi pada jam sibuk.

1.2. Rumusan masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana karakteristik arus lalu lintas jalan tol Pondok Aren-Serpong pada area yang terdapat konstruksi selama jam sibuk?
2. Bagaimana hubungan kecepatan kepadatan dan volume jalan tol Pondok Aren-Serpong pada area yang terdapat konstruksi selama jam sibuk?
3. Bagaimana kinerja lalu lintas jalan tol Pondok Aren-Serpong pada area yang terdapat konstruksi selama jam sibuk?
4. Bagaimana efektivitas rekayasa lalu lintas yang diterapkan dalam menangani kemacetan yang disebabkan oleh proyek konstruksi?

1.3. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

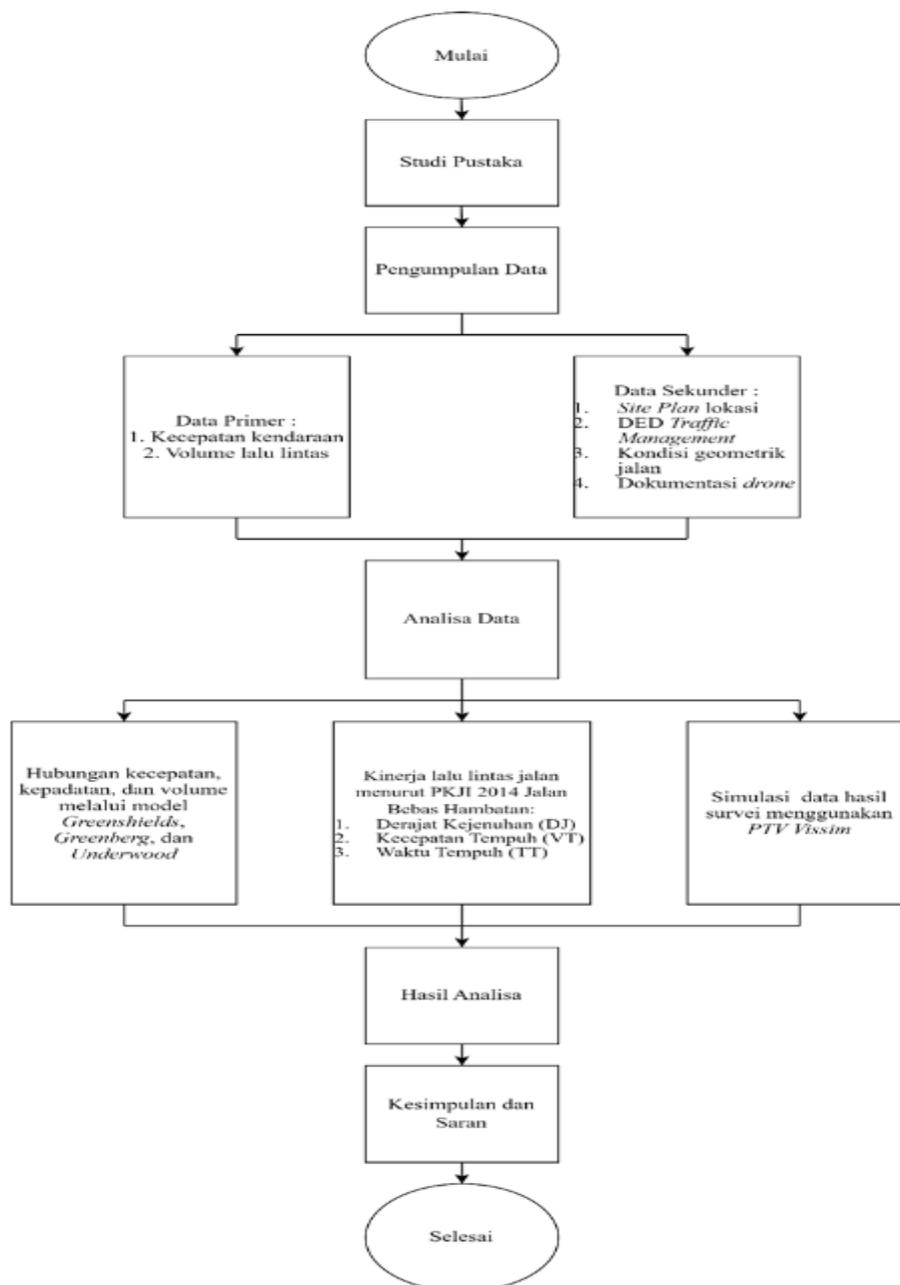
1. Menganalisis karakteristik arus lalu lintas jalan tol Pondok Aren-Serpong pada area yang terdapat konstruksi selama jam sibuk.
2. Menganalisis hubungan kecepatan kepadatan dan volume jalan tol Pondok Aren-Serpong pada area yang terdapat konstruksi selama jam sibuk.
3. Menganalisis kinerja lalu lintas jalan tol Pondok Aren-Serpong pada area yang terdapat konstruksi selama jam sibuk berdasarkan PKJI 2014 Jalan Bebas Hambatan.
4. Mengevaluasi efektivitas rekayasa lalu lintas yang diterapkan dalam menangani kemacetan yang disebabkan oleh proyek konstruksi melalui 3 skenario yang disimulasikan menggunakan PTV Vissim.

2. Metode

Lokasi penelitian berada pada KM 9+200 sampai KM 8+200 jalan tol Pondok Aren-Serpong yang terdapat area konstruksi. Penelitian dilakukan selama 5 hari pada tanggal 22-26 Mei 2023 pada pukul 06.00-09.00 saat diterapkan rekayasa lalu lintas. Metode pengumpulan data primer seperti kecepatan dan volume lalu lintas didapatkan dengan survei kecepatan dan *traffic counting* melalui *live CCTV website* bsdtol.com sedangkan data sekunder seperti *site plan* lokasi, *DED Traffic Management*, kondisi geometrik jalan kondisi eksisting, dan dokumentasi *drone*.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth)



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data dan Karakteristik Arus Lalu Lintas

Jalan tol Pondok Aren-Serpong berstatus sebagai jalan nasional dengan fungsi jalan sebagai jalan arteri primer. Tipe jalan tol ini adalah 6 lajur 2 arah terbagi yang mempunyai lebar 14,75 m per lajur dengan 3 lajur per arah dan lebar tiap lajur 3,5 m dengan lebar bahu dalam 0,75 m dan lebar bahu luar 2,5 m. Dalam rangka pemeliharaan jalan tol, terdapat area konstruksi pada KM 9+200-KM 8+200 sehingga perlunya penerapan rekayasa lalu lintas. Rekayasa lalu lintas yang dilakukan yaitu dengan mengubah lebar tiap lajur yang sebelumnya 3,5 m per lajur menjadi 3,2-3,5 m per lajur untuk arah Jakarta dengan jumlah 4 lajur pada pukul 06.00-09.00. Lajur arah Serpong berjumlah 1 lajur dengan lebar 3,5 m menggunakan ruas jalan PT Marga Trans Nusantara. Serpong berjumlah 1 lajur dengan lebar 3,5 m menggunakan ruas jalan PT Marga Trans Nusantara.



Gambar 3. Rekayasa Lalu Lintas pada Area Konstruksi Selama Jam Sibuk (Sumber: PT BSD)

Hari dengan volume kendaraan terbanyak didapat pada hari Senin tanggal 22 Mei 2023. Survei pada hari Senin 22 Mei 2023 menunjukkan jam paling sibuk pada pukul 06.30-06.45 WIB dengan volume kendaraan mencapai 5261 skr/jam, Kecepatan kendaraan paling rendah 78,88 km/jam, dan kepadatan lalu lintas paling tinggi mencapai 66,70 skr/km.

3.2. Hubungan Matematis Volume Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas

Greenshields merumuskan bahwa hubungan matematis antara kecepatan-kepadatan (S-D) diasumsikan linear. Berikut hasil dari hubungan antar parameter.

Tabel 1. Analisis *Greenshields*

Periode	$V = X_i \cdot Y_i$	$S = Y_i$	$D = V/S = X_i$	$(X_i)^2$	$(Y_i)^2$
	(skr/jam)	(km/jam)	(smp/km)		
	[1]	[2]	[3] = [1]/[2]		
06.00-06.15	4003,20	93,97	42,60	1814,98	8829,64
06.15-06.30	2930,40	100,45	29,17	851,03	10090,42
06.30-06.45	5260,80	78,88	66,70	4448,26	6221,77
06.45-07.00	4804,80	85,83	55,98	3133,80	7366,80
07.00-07.15	4452,00	96,87	45,96	2112,39	9382,89
07.15-07.30	4409,60	91,84	48,01	2305,31	8434,70
07.30-07.45	3965,60	91,40	43,39	1882,56	8353,53
07.45-08.00	3694,40	84,54	43,70	1909,69	7147,03
08.00-08.15	3051,20	96,20	31,72	1006,05	9253,80
08.15-08.30	3537,60	90,57	39,06	1525,63	8202,90
08.30-08.45	3433,60	96,94	35,42	1254,59	9397,21
08.45-09.00	3688,00	83,71	44,05	1940,80	7008,11
Σ	47231,20	1091,19	525,77	24185,08	99688,80
rata-rata		90,93	43,81		

Berdasarkan Tabel 1 didapat besarnya R^2 menggunakan rumus koefisien korelasi yaitu:

$$r = \frac{N \sum_i(X_i Y_i) - \sum_i(X_i) \sum_i(Y_i)}{\sqrt{[N \sum_i(X_i^2) - (\sum_i(X_i))^2] \cdot [N \sum_i(Y_i^2) - (\sum_i(Y_i))^2]}} \tag{1}$$

$$r = \frac{12(47231,20) - (525,77)(1091,19)}{\sqrt{[12(24185,08) - (525,77)^2][12(99688,80) - (1091,19)^2]}} = -0,791$$

$$R^2 = 0,626$$

Greenberg mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kepadatan-kecepatan (D-S) bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial. Berikut hasil dari hubungan antar parameter.

Tabel 2. Analisis Greenberg

Periode	V	S = Yi	D = V/S	$Log_e D = Xi$	Xi.Yi	$(X_i)^2$	$(Y_i)^2$
	(skr/jam)	(km/jam)	(smp/km)				
	[1]	[2]	[3] = [1]/[2]				
06.00-06.15	4003,20	93,97	42,60	3,75	352,55	14,08	8829,64
06.15-06.30	2930,40	100,45	29,17	3,37	338,84	11,38	10090,42
06.30-06.45	5260,80	78,88	66,70	4,20	331,30	17,64	6221,77
06.45-07.00	4804,80	85,83	55,98	4,03	345,47	16,20	7366,80
07.00-07.15	4452,00	96,87	45,96	3,83	370,78	14,65	9382,89
07.15-07.30	4409,60	91,84	48,01	3,87	355,56	14,99	8434,70
07.30-07.45	3965,60	91,40	43,39	3,77	344,59	14,21	8353,53
07.45-08.00	3694,40	84,54	43,70	3,78	319,34	14,27	7147,03
08.00-08.15	3051,20	96,20	31,72	3,46	332,54	11,95	9253,80
08.15-08.30	3537,60	90,57	39,06	3,67	331,95	13,43	8202,90
08.30-08.45	3433,60	96,94	35,42	3,57	345,81	12,73	9397,21
08.45-09.00	3688,00	83,71	44,05	3,79	316,89	14,33	7008,11
Σ		1091,19		45,07	4085,62	169,86	99688,80
rata-rata		90,93		3,76			

Berdasarkan Tabel 2 didapat besarnya R^2 menggunakan rumus koefisien korelasi yaitu:

$$r = \frac{12(4085,62) - (45,07)(1091,19)}{\sqrt{[12(169,86) - (45,07)^2][12(99688,80) - (1091,19)^2]}} = -0,791$$

$$R^2 = 0,626$$

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kecepatan-kepadatan (S-D) bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial. Berikut hasil dari hubungan antar parameter.

Tabel 3. Analisis *Underwood*

Periode	V	S	D = V/S = Xi	Log _e S = Yi	Xi.Yi	(Xi) ²	(Yi) ²
	(skr/jam)	(km/jam)	(smp/km)				
	[1]	[2]	[3] = [1]/[2]	[4] = Log e [2]	[5] = [3]x[4]	[6] = [3]^2	[7] = [4]^2
06.00-06.15	4003,20	93,97	42,60	4,54	193,54	1814,98	20,64
06.15-06.30	2930,40	100,45	29,17	4,61	134,48	851,03	21,25
06.30-06.45	5260,80	78,88	66,70	4,37	291,32	4448,26	19,08
06.45-07.00	4804,80	85,83	55,98	4,45	249,25	3133,80	19,82
07.00-07.15	4452,00	96,87	45,96	4,57	210,19	2112,39	20,92
07.15-07.30	4409,60	91,84	48,01	4,52	217,02	2305,31	20,43
07.30-07.45	3965,60	91,40	43,39	4,52	195,91	1882,56	20,39
07.45-08.00	3694,40	84,54	43,70	4,44	193,91	1909,69	19,69
08.00-08.15	3051,20	96,20	31,72	4,57	144,84	1006,05	20,85
08.15-08.30	3537,60	90,57	39,06	4,51	176,01	1525,63	20,31
08.30-08.45	3433,60	96,94	35,42	4,57	162,01	1254,59	20,92
08.45-09.00	3688,00	83,71	44,05	4,43	195,05	1940,80	19,60
Σ			525,77	54,09	2363,52	24185,08	243,89
rata-rata			43,81	4,51			

Berdasarkan Tabel 3 didapat besarnya R² menggunakan rumus koefisien korelasi yaitu:

$$r = \frac{12(2363,52) - (525,77)(54,09)}{\sqrt{[12(24185,08) - (525,77)^2][12(243,89) - (243,89)^2]}} = -0,795$$

$$R^2 = 0,631$$

Rekapitulasi hasil perhitungan hubungan matematis volume kecepatan dan kepadatan menggunakan model *Greenshields*, *Greenberg*, dan *Underwood* pada hari Senin terdapat pada tabel berikut.

Tabel 4. Hubungan Matematis Kecepatan Kepadatan Volume Senin 22 Mei 2023

Hubungan	Model Matematis		
	Greenshields	Greenberg	Underwood
Kecepatan-Kepadatan	$S = 112,97 - 0,50D$	$S = 175,80 - 22,60 \ln D$	$S = 116,18 \cdot e^{-0,0056D}$
Volume-Kepadatan	$V = 112,97D - 0,50D^2$	$V = 175,80D - 22,60D \ln D$	$V = 116,18D \cdot e^{-0,0056D}$
Volume-Kecepatan	$V = 224,63S - 1,99S^2$	$V = 2392,73S \cdot \exp(-0,04S)$	$V = 842,19S - 177,11S \ln S$

3.3. Kinerja Lalu Lintas Jalan Kondisi Eksisting

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 menetapkan ketentuan mengenai perhitungan kapasitas untuk perencanaan dan evaluasi kinerja lalu lintas jalan bebas hambatan, melalui kapasitas jalan (C) dan kinerja lalu lintas jalan yang diukur oleh derajat kejenuhan (D_J), kecepatan tempuh (V_T), dan waktu tempuh (T_T).

Satuan yang digunakan pada hasil survei adalah kendaraan per jam. Menurut PKJI 2014, satuan kendaraan per jam tersebut harus dikonversi menggunakan ekuivalen kendaraan ringan sebagai berikut.

- Kendaraan ringan = 1
- Kendaraan sedang = 1,2
- Bus besar = 1,2
- Truk besar = 1,6

Tabel 5. Analisis Volume Skr per Jam Senin 22 Mei 2023

Periode	KR		KS		BB		TB		Q Total	
	kend	skr	kend	skr	kend	skr	kend	skr	skr/15 menit	skr/jam
06.00-06.15	980	980	6	7,2	10	12	1	1,6	1000,80	
06.15-06.30	699	699	22	26,4	6	7,2	0	0	732,60	
06.30-06.45	1280	1280	15	18	9	10,8	4	6,4	1315,20	
06.45-07.00	1174	1174	9	10,8	7	8,4	5	8	1201,20	4249,80
07.00-07.15	1069	1069	21	25,2	9	10,8	5	8	1113,00	
07.15-07.30	1058	1058	27	32,4	6	7,2	3	4,8	1102,40	
07.30-07.45	959	959	16	19,2	7	8,4	3	4,8	991,40	
07.45-08.00	894	894	18	21,6	4	4,8	2	3,2	923,60	4130,40
08.00-08.15	720	720	25	30	4	4,8	5	8	762,80	
08.15-08.30	822	822	27	32,4	5	6	15	24	884,40	
08.30-08.45	810	810	20	24	7	8,4	10	16	858,40	
08.45-09.00	870	870	16	19,2	10	12	13	20,8	922,00	3427,60

Tabel di atas menunjukkan waktu paling sibuk yaitu pada pukul 06.00-07.00 WIB dimana volume kendaraan mencapai 4249,80 satuan kendaraan ringan per jam. Nilai kapasitas dasar (C₀) dan faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar efektif jalur lalu lintas (FC_L) adalah sebagai berikut.

- C₀ = 2300 per lajur
- FC_L = 1

Dengan menggunakan rumus berikut:

$$C = C_0 \times FC_L \tag{2}$$

Dengan menggunakan nilai di atas maka kapasitas jalan (C) adalah 9200 skr/jam. Nilai volume dan kapasitas digunakan untuk mencari derajat kejenuhan seperti pada tabel berikut dengan menggunakan persamaan berikut.

$$D_J = \frac{q}{c} \tag{3}$$

Tabel 6. Nilai Derajat Kejenuhan Senin 22 Mei 2023

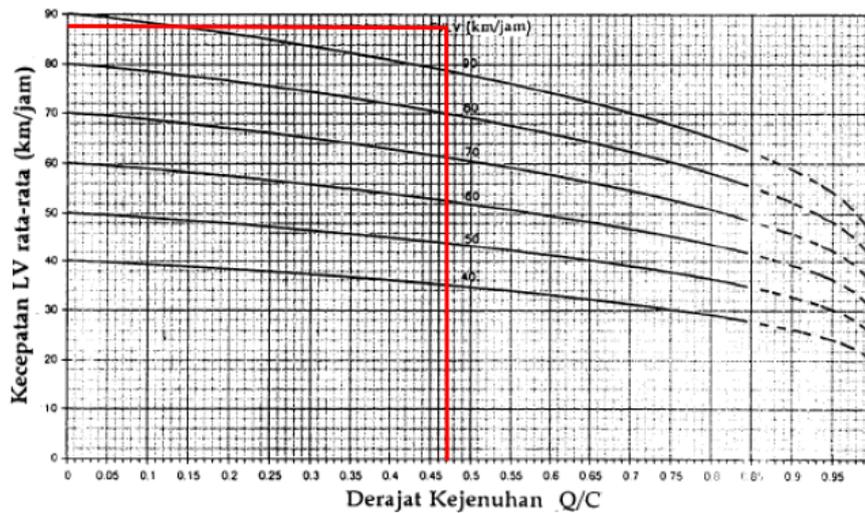
Periode	Volume (q)	C	DJ
	skr/jam	skr/jam	
06.00-07.00	4249,80	9200	0,46
07.00-08.00	4130,40	9200	0,45
08.00-09.00	3427,60	9200	0,37

Berdasarkan PKJI 2014 Jalan Bebas Hambatan, nilai derajat kejenuhan harus $\leq 0,85$. Maka dapat disimpulkan bahwa untuk jalan tol Pondok Aren-Serpong arah Jakarta KM 9+200-8+200 dengan nilai derajat kejenuhan paling tinggi pada pukul 06.00-07.00 yaitu 0,46 masih aman untuk jalan bebas hambatan.

Penentuan kecepatan tempuh (V_T) dilakukan menggunakan diagram penentuan V_T berdasarkan nilai derajat kejenuhan dan kecepatan arus bebas atau V_B (km/jam). Kecepatan arus bebas (V_B) didapat menggunakan persamaan berikut.

$$V_B = V_{BD} + V_{BL} \quad (4)$$

Dengan mengetahui nilai $V_{BD} = 88$ km/jam dan $V_{BL} = 0$, maka kecepatan arus bebas (V_B) adalah 88 km/jam.



Gambar 4. Diagram V_T Senin 22 Mei 2023

Berdasarkan diagram kecepatan tempuh (V_T) didapat kecepatan tempuh pada hari Senin 22 Mei 2023 adalah 100 km/jam. Dengan mengetahui panjang segmen (L) adalah 1 km dan kecepatan tempuh (V_T) adalah 100 km/jam, maka dapat menggunakan persamaan berikut untuk mencari waktu tempuh (T_T) kendaraan yang melewati area konstruksi.

$$T_T = \frac{L}{V_T} \quad (5)$$

Maka didapat waktu tempuh kendaraan yang melewati area konstruksi adalah 0,01 jam atau selama 36 detik.

3.4. Simulasi Karakteristik Arus Lalu Lintas Menggunakan PTV Vissim

Dalam perencanaan manajemen lalu lintas jalan tol Pondok Aren-Serpong pada masa konstruksi, direncanakan beberapa skenario simulasi lalu lintas untuk dibandingkan dengan kondisi eksisting yaitu 4 lajur 1 arah pada jam sibuk dan 4 lajur 2 arah pada jam biasa. 4 lajur 1 arah yang diterapkan pada pukul 06.00-09.00 hanya diberlakukan pada hari Senin sampai Jumat pada jalur arah Jakarta sedangkan untuk jalur arah Serpong menggunakan ruas jalan tol dari PT Marga Trans Nusantara yang berjumlah 1 lajur.

Skenario yang dibuat untuk menilai keefektifan lajur tambahan ini yaitu:

1. 3 lajur arah Jakarta dan 1 lajur arah Serpong tanpa *Median Concrete Barrier*
2. 3 lajur arah Jakarta dan 1 lajur arah Serpong dengan *Median Concrete Barrier*
3. 3 lajur arah Jakarta dan 1 lajur arah Serpong dengan penyempitan lajur dan *Median Concrete Barrier*

Skenario di atas disimulasikan dalam PTV Vissim untuk membandingkan beberapa *output* yang diperoleh antara skenario yang dibuat dan kondisi eksisting 4 lajur arah Jakarta dan 1 lajur arah Serpong. *Output* yang akan dibandingkan yaitu kecepatan (km/jam), kepadatan (kend/km), LOS, waktu tempuh (s), tundaan (s), dan panjang antrian (m), dan kapasitas jalan sebelum dan sesudah penyempitan.

Tabel 7. Hasil Simulasi 4 Lajur 1 Arah Kondisi Eksisting

Kecepatan (km/jam)				Kecepatan rata-rata (km/jam)	Kepadatan (kend/km)	LOS	Waktu Tempuh (s)	Tundaan (s)	Panjang Antarian (m)	Kapasitas (kend)	
KR	KS	BB	TB							sebelum penyempitan	setelah penyempitan
86	85,72	70,68	59,02	75,36	65,46	A	8,39	0,61	95,43	4301	4246

Tabel 8. Hasil Simulasi Skenario 3 Lajur Arah Jakarta dan 1 Lajur Arah Serpong Tanpa MCB

Kecepatan (km/jam)				Kecepatan rata-rata (km/jam)	Kepadatan (kend/km)	LOS	Waktu Tempuh (s)	Tundaan (s)	Panjang Antarian (m)	Kapasitas (kend)	
KR	KS	BB	TB							sebelum penyempitan	setelah penyempitan
66,5	66	64,12	58,9	63,88	64,31	A	8,92	0,51	62,87	4287	4236

Tabel 9. Hasil Simulasi Skenario 3 Lajur Arah Jakarta dan 1 Lajur Arah Serpong dengan MCB

Kecepatan (km/jam)				Kecepatan rata-rata (km/jam)	Kepadatan (kend/km)	LOS	Waktu Tempuh (s)	Tundaan (s)	Panjang Antarian (m)	Kapasitas (kend)	
KR	KS	BB	TB							sebelum penyempitan	setelah penyempitan
67	66,77	65,78	58,63	64,65	63,29	A	9,58	0,88	63,71	4274	4236

Tabel 10. Hasil Simulasi Skenario 3 Lajur Arah Jakarta dan 1 Lajur Arah Serpong dengan Penyempitan Lajur dan MCB

Kecepatan (km/jam)				Kecepatan rata-rata (km/jam)	Kepadatan (kend/km)	LOS	Waktu Tempuh (s)	Tundaan (s)	Panjang Antarian (m)	Kapasitas (kend)	
KR	KS	BB	TB							sebelum penyempitan	setelah penyempitan
79	79,22	69,04	58,92	71,60	63,28	A	8,44	0,64	97,3	4274	4231

Skenario 1 dibuat tanpa menggunakan *median concrete barrier* untuk mengoptimalkan lebar jalan yang ada dan tanpa menggunakan sistem buka-tutup. Skenario 2 dibuat menggunakan *median concrete barrier* sesuai standar pelayanan minimal jalan tol sebagai pemisah arah dan pembatas antara ruas jalan dengan area konstruksi dan drainase tetapi lebar jalan kondisi eksisting tidak dapat menampung lebar jalan pada skenario ini. Skenario 3 dapat diterapkan tetapi mengurangi kecepatan kendaraan yang akan melewati area konstruksi sehingga pengemudi membutuhkan waktu lebih banyak dan tidak efisien.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil survei di jalan tol Pondok Aren-Serpong pada area konstruksi pukul 06.00-09.00 selama 5 hari pada hari kerja, didapat hari dengan volume kendaraan terbanyak yaitu hari Senin tanggal 22 Mei 2023. Karakteristik arus lalu lintas pada hari Senin tanggal 22 Mei 2023 yaitu volume kendaraan mencapai 5261 skr/jam pada pukul 06.30-06.45 WIB dengan kecepatan terendah yaitu 78,88 km/jam pada pukul 06.30-06.45 WIB. Maka pada pukul 06.30-06.45 WIB terjadi kepadatan kendaraan paling tinggi mencapai 66,70 skr/km.
2. Model *greenshields* dipilih sebagai model terbaik dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,626 karena dianggap dapat mempresentasikan karakteristik arus lalu lintas dengan baik sedangkan hasil perhitungan hubungan volume kecepatan dan kepadatan model *greenshields*, *greenberg*, dan *underwood* pada hari Senin 22 Mei 2023 menunjukkan model *underwood* merupakan model dengan nilai koefisien determinasi tertinggi ($R^2 = 0,631$). Tetapi model *underwood* tidak dapat mempresentasikan karakteristik arus lalu lintas dengan baik karena tidak dapat menunjukkan nilai kepadatan saat macet total.
3. Kinerja lalu lintas jalan tol Pondok Aren-Serpong pada area yang terdapat konstruksi selama jam sibuk yaitu derajat kejenuhan (D_j) sebesar 0,46 dimana masih dalam batas aman untuk jalan bebas hambatan. Nilai derajat kejenuhan ini termasuk pada tingkat pelayanan B yaitu kondisi arus lalu lintas stabil, kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kendaraan lainnya dan mulai dirasakan hambatan oleh kendaraan di sekitarnya. Kecepatan tempuh (V_T) adalah sebesar 100 km/jam dan waktu tempuh (T_T) adalah 0,01 jam.
4. Kondisi eksisting 4 lajur arah Jakarta dan 1 lajur arah Serpong dianggap rekayasa lalu lintas dengan cara paling efektif dalam menangani kemacetan yang terjadi di jam sibuk pada area yang terdapat konstruksi. Setelah disimulasikan dengan *PTV Vissim* didapat pada kondisi 4 lajur arah Jakarta dan 1 lajur arah Serpong kecepatan kendaraan rata-rata adalah 75,36 km/jam dan berada pada LOS A. Kecepatan dan kepadatan kendaraan paling tinggi didapat pada kondisi 4 lajur 1 arah dibandingkan dengan ketiga skenario yang telah dibuat. Dengan kepadatan kendaraan mencapai 65,46 kend/km, waktu tempuh yang dibutuhkan untuk melewati area konstruksi hanya selama 8,39 detik. Waktu tempuh ini merupakan waktu tempuh paling rendah dibandingkan dari ketiga skenario yang telah dibuat. Panjang antrian pada kondisi eksisting 4 lajur arah Jakarta dan 1 lajur arah Serpong adalah sebesar 95,43 m. Panjang antrian pada ketiga skenario yang dibuat yaitu 3 lajur arah Jakarta dan 1 lajur arah Serpong tanpa MCB sebesar 62,87 m, 3 lajur arah Jakarta dan 1 lajur arah Serpong dengan MCB sebesar 63,71 m, dan 3 lajur arah Jakarta dan 1 lajur arah Serpong dengan penyempitan lajur dan MCB sebesar 97,3 m. Skenario pertama dan kedua memiliki kekurangan mulai dari kondisi geometrik jalan hingga alasan keselamatan berkendara sedangkan skenario ketiga memiliki kecepatan dan kepadatan yang kurang dari kondisi eksisting dan panjang antrian yang disebabkan melebihi dari pada kondisi eksisting.

Referensi

- Dwicahyanti, A. I. Z. (2021, September). Dampak Perubahan Jumlah Lajur Ruas Jalan Raya Kalibata Jakarta Selatan. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(9).
- Ersamulia, M. S. (2020). Simulasi Penerapan Chicane Dengan Menggunakan Software Vissim. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, 7(1).
- Jefferson, L. (2019). Pengaruh Penyempitan Jalan Terhadap Karakteristik Lalu Lintas (Studi Kasus: Jalan Wolter Monginsidi, Malalayang II, Kota Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 7(6).
- Jepriadi, K. (2022). Kalibrasi dan Validasi Model Vissim untuk Mikrosimulasi Lalu Lintas pada Ruas Jalan Tol dengan Lajur Khusus Angkutan Umum (LKAU). *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, 9(2).
- Kriswardhana, M. S. W. (2020, Maret). Model Hubungan Arus, Kecepatan, Dan Kepadatan Di Jalan Empat Lajur Dua Arah. *Teras Jurnal*, 10(1).
- Kumaat, M. (2020). Analisis Hambatan Samping Terhadap Kinerja Jalan Perkotaan (Studi Kasus: Depan Bahu Mall Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 8(6).
- Lefrandt, L. I. R. (2019). Analisa Gelombang Kejut Akibat Aktivitas Angkutan Kota (Studi Kasus: Jln Sam Ratulangi-Ranotana Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 7(7).
- Pandey, S. V. (2021). Analisa Kinerja Ruas Jalan Stadion Klabat Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 9(4).

- Rajagukguk, R. P. (2015). Evaluasi Pemenuhan Indikator Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol di Indonesia. *Jurnal Transportasi*, 15(2).
- Rompis, S. Y. R. (2016). Analisa Gelombang Kejut Pada Persimpangan Bersinyal (Studi Kasus: Jl. 17 Agustus-Jl. Babe Palar). *Jurnal Sipil Statik*, 4(9).
- Rumayar, A. L. E. (2018). Analisa Kapasitas Berdasarkan Pemodelan Greenshield, Greenberg dan Underwood dan Analisa Kinerja Jalan Pada Ruas Jalan Sam Ratulangi Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 6(8).
- Sumekar, R. (2016, Maret). Efektivitas Rekayasa Lalu Lintas Melalui Program Penambahan Lajur Khusus Sepeda Motor Di Kota Surabaya. *JKMP*, 4(1).
- Syara, A. (2017, Januari). Simulasi Arus Lalu Lintas Pada Segmen Penyempitan Jalan Akibat Pembangunan Fly Over Simpang Surabaya Tahun 2016 Menggunakan Software Vissim 8.0. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2).
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi Edisi Kedua*. Penerbit ITB.
- Tamin, O. Z. (2008). *Perencanaan, Pemodelan, & Rekayasa Transportasi: Teori, Contoh Soal, dan Aplikasi*. Penerbit ITB.
- Timboeleng, J. A. (2020). Analisa Kinerja Ruas Jalan Menggunakan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1).
- Yulianto, A. M. R. A. (2017, Agustus). Penentuan Kapasitas Jalan Bebas Hambatan Dengan Aplikasi Perangkat Lunak Vissim. *Jurnal Transportasi*, 17(2).