



Pengaruh Putaran Balik (U-Turn) Terhadap Kinerja Jalan Pada Jalan Manado Outer Ringroad (MOR) I Kota Manado

Injilly A. Mumek^{#a}, Semuel Y. R. Rompis^{#b}, Lucia I. R. Lefrandt^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^ainjillyangel@gmail.com, ^bsemrompis@unsrat.ac.id, ^clucia.lefrandt@unsrat.ac.id

Abstrak

Ruas Jalan Manado Outer Ringroad (MOR) I adalah jalan lingkar yang mengitari Kota Manado dan berfungsi sebagai rute alternatif dalam kota sekaligus membantu mengalihkan arus lalu lintas yang melintasi Manado, serta bertujuan untuk mencegah terganggunya kapasitas dan kinerja jalan di Kota Manado. Adanya fasilitas bukaan median di ruas jalan ini merupakan salah satu penyebab terjadinya kemacetan sehingga menimbulkan tundaan dan menyebabkan menurunnya kecepatan sehingga waktu tempuh kendaraan akan lebih lama dan jarak yang dapat ditempuh oleh kendaraan pun menjadi lebih pendek dibandingkan dengan waktu tempuh kendaraan pada keadaan normal. Berdasarkan hasil analisis untuk model terbaik yang diperoleh dari hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas yaitu model *Greenshields* pada hari Sabtu, 25 November 2023 putaran balik arah citraland ditunjukkan dengan nilai Koefisien Determinasi ($R^2 = 0,90136327$) dan persamaan hubungan Volume- Kepadatan yaitu $V = 35,8596373 D - 0,2109644 D^2$ dengan volume maksimum (V_c) sebesar 1322 smp/jam, kepadatan maksimum (D_c) sebesar 72 smp/jam, dan kecepatan saat macet total (D_B) sebesar 122 smp/km. Karakteristik Gelombang Kejut yang terjadi untuk arus $V_A = 1250$ smp/jam adalah Gelombang Kejut maju bentukan ($\omega_{DA} = 22,3214$), Gelombang Kejut diam depan ($\omega_{DB} = 5,40984$), Gelombang Kejut mundur bentukan ($\omega_{AB} = -8.9393$), Gelombang Kejut maju pemulihan ($\omega_{DC} = 71,9232$), Gelombang Kejut mundur pemulihan ($\omega_{CB} = -13,229$), Gelombang Kejut bergerak maju searah pergerakan lalu lintas ($\omega_{AC} = 4,5508$). Pengaruh kendaraan yang melakukan *U-Turn* selama 60 detik membuat panjang antrian maksimum ($Q_M = 459,48$ meter).

Kata kunci: kinerja jalan, PKJI 2014, U-Turn, gelombang kejut (shockwave)

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kota Manado merupakan ibu kota Provinsi Sulawesi Utara yang memiliki luas wilayah 162,53 km² dengan jumlah penduduk 458.582 jiwa (Badan Pusat Statistik Kota Manado, 2024). Kota Manado merupakan kota yang sedang berkembang terutama dalam bidang ekonomi, pariwisata, industri dan bidang lainnya serta bertambahnya kawasan pemukiman warga, kawasan perkantoran, maupun pusat perbelanjaan mengakibatkan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan transportasi.

Pertumbuhan jumlah kendaraan roda dua dan kendaraan roda empat di Kota Manado terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Badan Pusat Statistik Kota Manado menyebutkan pada tahun 2020 jumlah kendaraan yang berada di Kota Manado adalah 1.113.624 kendaraan, dan pada tahun 2021 adalah 1.152.680 kendaraan. Akan tetapi, pertumbuhan jumlah kendaraan ini tidak diiringi dengan peningkatan kapasitas jalan yang memadai. Akibatnya, sering terjadi kemacetan pada ruas-ruas jalan.

Salah satu ruas jalan yang sering mengalami kemacetan yaitu Ruas jalan Manado Outer Ringroad (MOR) I dimana jalan ini merupakan jalan lingkar yang mengitari kota Manado dan harusnya berfungsi sebagai jalan alternatif dalam kota, untuk mengalihkan arus lalu lintas yang melewati kota Manado.

Peran ruas jalan ini sangat penting untuk menjaga kinerja ruas jalan dalam kota. Namun saat ini ruas jalan Manado Outer Ringroad (MOR) I sering mengalami kemacetan pada jam-jam

sibuk, terutama di ruas Manado *Outer Ringroad* (MOR) I sekitar terowongan ringroad. Berdasarkan observasi pada lokasi ini, Kemacetan terjadi akibat adanya aktivitas di sisi jalan dan adanya fasilitas *U-Turn* (putaran balik) yang dapat menimbulkan antrian kendaraan, karena ketika melakukan *u-turn* kendaraan akan melambat dan berhenti. Sehingga perlambatan ini akan mempengaruhi arus lalu lintas pada arah yang sama, pergerakan memutar arah ini akan menyebabkan kecepatan kendaraan semakin rendah, meningkatnya volume lalu lintas dan kepadatan semakin tinggi di ruas jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I sekitar terowongan ringroad.

Dengan persoalan tersebut di atas, maka perlu dilakukan analisis kembali pengaruh *u-turn* terhadap kinerja jalan di ruas jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I, terutama di sekitar terowongan ringroad.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik lalu lintas dari ruas Jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I, Kota Manado?
2. Bagaimana hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas yang dikarenakan *Shockwave* akibat *U-Turn* pada ruas Jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I, Kota Manado?
3. Berapa panjang antrian yang terjadi akibat kendaraan yang melakukan *U-Turn* pada Jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I, Kota Manado?

1.3. Batasan Masalah

1. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi hanya pada ruas Jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I yaitu pada putaran balik arah sejauh 200m sebelum terowongan *ring road* dari arah Citraland.
2. Gelombang kejut yang dibahas dalam penelitian ini, hanya gelombang kejut yang disebabkan oleh pengaruh *U-Turn* dan tidak melihat pengaruh penyempitan lajur pada arah Terowongan.
3. Waktu penelitian dilakukan selama 3 hari, yakni selama 12 jam dari pukul 07.00-19.00. Survey pengambilan data dilakukan pada hari Selasa, Kamis, dan Sabtu.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis karakteristik lalu lintas di ruas Jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I Kota Manado.
2. Menganalisis hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadaran lalu lintas yang dikarenakan *Shockwave* akibat *U-Turn* di Jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I Kota Manado.
3. Menganalisis panjang antrian yang terjadi akibat kendaraan yang melakukan *U-Turn* di Jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I Kota Manado.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Untuk memberikan informasi tentang waktu tempuh rata-rata kendaraan yang melakukan putar balik arah, kecepatan kendaraan saat melakukan putaran balik arah dan panjang antrian yang melakukan aktifitas putaran balik arah pada jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I Kota Manado.
2. Untuk memberikan masukan bagi perencanaan dan pengoperasian lalu lintas sehingga menghasilkan perencanaan yang tepat, efisien dan efektif.
3. Untuk digunakan sebagai ilmu pengetahuan dan informasi tentang pengaruh fasilitas putaran balik arah (*U-Turn*) terhadap kinerja jalan.

2. Landasan Teori

2.1 Putaran Balik (*U-Turn*)

Didalam Pedoman Perencanaan Putaran Balik (*U-Turn*) No: 06/BM/2005, Putaran balik adalah gerak lalu lintas kendaraan untuk berputar kembali atau berbelok 180°. Putaran balik diijinkan pada lokasi yang memiliki lebar jalan yang cukup untuk kendaraan melakukan putaran tanpa ada pelanggaran atau kerusakan pada bagian luar perkerasan. Putaran balik seharusnya tidak

dijinkan pada lalu lintas menerus karena dapat menimbulkan dampak pada operasi lalu lintas, antara lain berkurangnya kecepatan.

2.2 Kebutuhan Lebar Median Ideal Berdasarkan Radius Putar Kendaraan Rencana

Lebar median ideal adalah lebar median yang diperlukan oleh kendaraan dalam melakukan gerakan putaran balik dari lajur yang paling dalam pada jalur lawan. Apabila tidak tersedia lahan yang cukup untuk menyediakan lebar median ideal dan dimungkinkan untuk melakukan gerakan putaran balik dari lajur yang paling dalam ke lajur kedua atau ketiga (jalan 6/2D) atau bahu jalan (jalan 4/2D), direkomendasikan kebutuhan median seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Lebar Median Apabila Gerakan Putaran Balik dari Lajur Dalam ke Lajur Kedua Jalur Lawan

Jenis Putaran	Lebar Lajur (m)	Kend. Kecil	Kend. Sedang	Kend. Besar
	Panjang Kendaraan Rencana	5,8 m	12,1 m	21 m
Lebar Median Ideal (m)				
	3,5	4,0	14,5	15,5
	3	4,5	15,5	17,0
	2,75	5,0	16,0	18,0

2.3 Karakteristik Arus Lalu Lintas

- Volume Lalu Lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu.
- Kecepatan adalah nilai yang dihitung dari pergerakan kendaraan dalam suatu jarak per satuan waktu.
- Kepadatan adalah jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau lajur, secara umum diekspresikan dalam kendaraan per kilometer.

2.4 Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Dalam bukunya yang berjudul “*Perencanaan dan Pemodelan Transportasi: Contoh Soal dan Aplikasi*”, (Ofyar Z Tamim 2008) menjelaskan bahwa hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

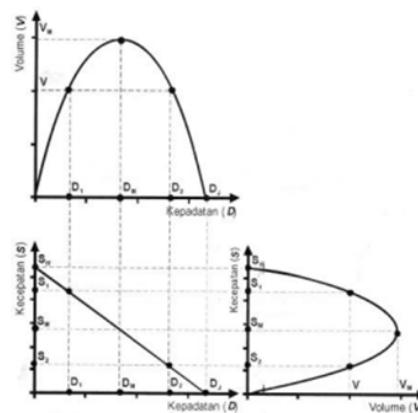
$$V = D \cdot S$$

Dimana:

V = volume lalu lintas (smp/jam)

D = kepadatan lalu lintas (kend/km)

S = kecepatan lalu lintas (km/jam)



Gambar 1. Hubungan Matematis antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Dimana:

V_M = volume maksimum dari data volume yang diperoleh (kend/jam)

S_M = kecepatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum (km/jam)

D_M = kepadatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum (kend/km)

D_j = kepadatan pada kondisi lalu lintas macet total (kend/km)

S_{ff} = kecepatan pada kondisi volume lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati 0 (nol) atau kecepatan arus bebas (km/jam)

Ada 3 jenis model yang dapat digunakan untuk merepresentasikan hubungan matematis antara ketiga parameter tersebut yaitu:

a. Model *Greenshields*

Greenshields merupakan model yang paling sederhana dan mudah untuk diterapkan.

Greenshields merumuskan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan diasumsikan linear, seperti yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D$$

Dengan:

S = kecepatan rata-rata (kend/km)

S_{ff} = kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam)

D = kepadatan (smp/km)

D_j = kepadatan pada kondisi lalu lintas macet total

b. Model *Greenberg*

Greenberg mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kepadatan-Kecepatan bukan merupakan linear melainkan fungsi logaritmik. Persamaan dasar model *Greenberg* dapat dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$D = C \cdot e^{-b \cdot S}$$

Dengan:

D = kepadatan (kend/km)

C = konstanta

b = konstanta

S = kecepatan (km/jam)

c. Model *Underwood*

Model ini setelah diamati memiliki kecocokan lebih baik untuk kondisi lalu lintas tidak padat, namun kurang cocok untuk dipakai pada kondisi lalu lintas padat karena model *Underwood* akan memberikan nilai kepadatan tidak terhingga pada kondisi macet ($D_j = \infty$). Persamaan dasar model *Underwood* dapat dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$S = S_{ff} \cdot e^{\frac{-D}{D_M}}$$

Dengan:

S_{ff} = kecepatan arus bebas (km/jam)

$-D$ = kepadatan (kend/km)

D_m = kepadatan maksimum (kend/km)

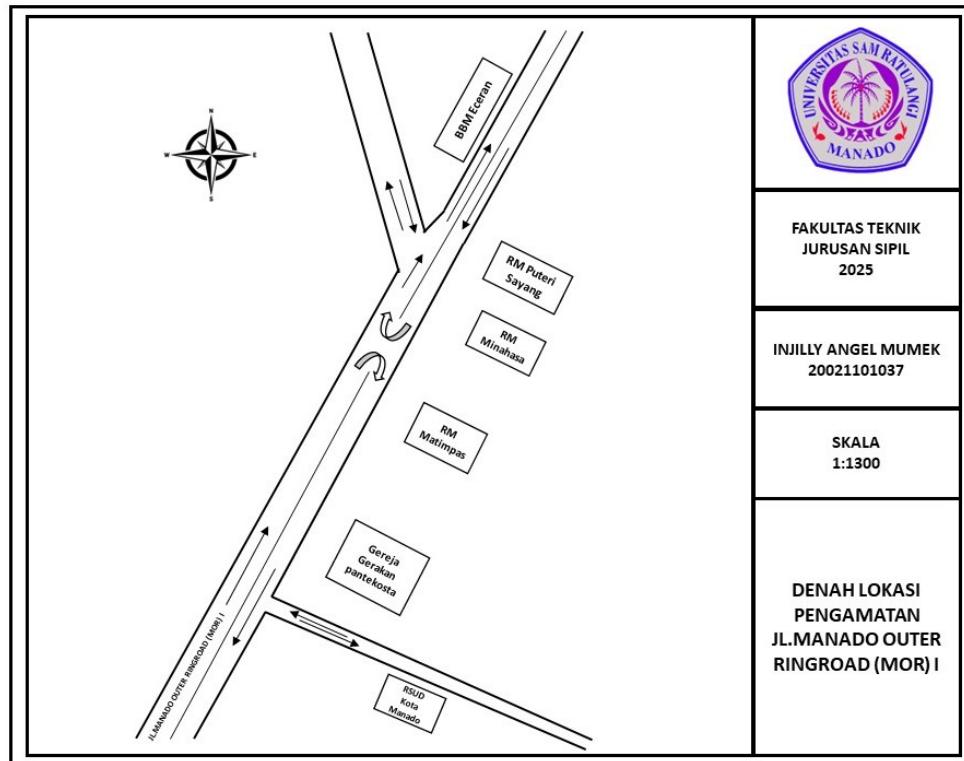
2.5 Gelombang Kejut (shockwave)

Menurut (Tamin,2008) gerakan lampu rem menyala relatif terhadap jalan inilah yang sebenarnya digambarkan sebagai gerakan gelombang kejut. Apabila ada suatu hambatan (gangguan), maka akan terjadi pengurangan arus yang dapat melewati area hambatan tersebut. Penurunan nilai arus ini akan berakibat pada nilai kepadatan kendaraan di daerah sebelum terjadi hambatan dimana nilai kepadatan ini akan meningkat dan mengakibatkan nilai kecepatan menurun sehingga terjadi antrean. Saat suatu kendaraan mulai mendekati daerah hambatan, akan tercapai titik dimana pada saat kendaraan harus mengurangi kecepatannya, ditandai dengan nyala lampu rem, titik tersebut akan bergerak ke arah datangnya lalu lintas.

3. Metode

Lokasi penelitian terletak di ruas Jl. Manado *Outer Ringroas* (MOR) I, Kota Manado dengan Koordinat $1^{\circ}26'57.9''$ N $124^{\circ}51'16.9''$ E. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2

dan penelitian ini dilaksanakan berdasarkan bagan alir pada Gambar 3.



Gambar 2. Lokasi Penelitian



Gambar 3. Bagan Alir

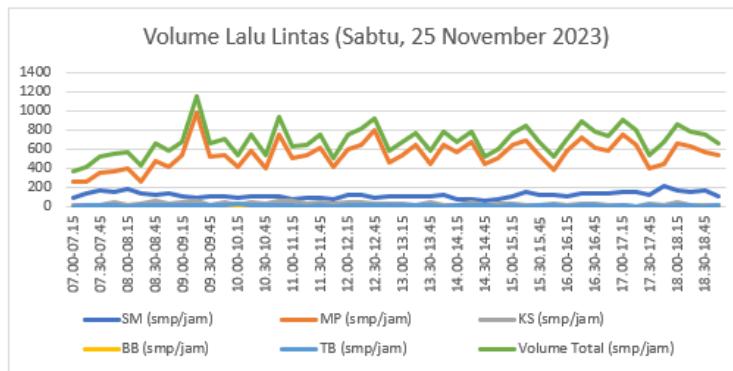
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Kondisi Geometrik

Dari hasil survei yang dilakukan di lokasi penelitian maka didapatkan data geometrik fasilitas putaran balik arah (*U-Turn*) Jl. Manado *Outer Ringroad* (MOR) I, Kota Manado. Tipe jalan 4D/2T, median jalan 2,10 m, lebar masing-masing lajur 6,5 m, lebar mukaan median (*U-Turn*) 12 m dengan bahu jalan 3 m.

4.2 Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diambil selama tiga hari yaitu hari Selasa 21 November 2023, Kamis 23 November 2023, dan hari Sabtu 25 November 2023. Data yang digunakan yaitu data pada hari Sabtu, 25 November 2023. Data ini dianggap mewakili data-data lainnya dikarenakan data ini adalah data volume lalu lintas tertinggi diubah ke Ekuivalen Kendaraan Ringan.



Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan Volume Lalu Lintas (Sabtu, 25 November 2023)

Gambar 4 memperlihatkan grafik hasil perhitungan volume pada ruas Jl. Manado *Outer Ringroad* (MOR) I untuk hari Sabtu, 25 November 2023. Jam sibuk paling tinggi terdapat pada pukul 09.15 – 09.30 WITA yang ditunjukkan dengan volume total kendaraan mencapai 1146,6 smp/jam atau 286,65 smp/15'.

4.3 Kecepatan Kendaraan



Gambar 5. Grafik Hasil Perhitungan Kecepatan Kendaraan (Sabtu, 25 November 2023)

Gambar 5 memperlihatkan grafik hasil perhitungan kecepatan kendaraan pada ruas Jl. Manado *Outer Ringroad* (MOR) I untuk hari Sabtu, 25 November 2023. Kecepatan paling rendah terjadi pada pukul 10.15 – 10.30 WITA yaitu 12,93289 km/jam sedangkan kecepatan paling tinggi terjadi pada pukul 08.45 – 09.00 WITA yaitu 33,05988 km/jam.

4.4 Kepadatan

Hasil perhitungan kepadatan (D) untuk hari Sabtu, 25 November 2023 pada ruas Jl. Manado Outer Ringroad (MOR) I ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kepadatan (Sabtu, 25 November 2023)

Waktu	Volume (smp/jam)	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)	Waktu	Volume (smp/jam)	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)
07.00-07.15	357,6	31,11	11,49	13.00-13.15	670,2	20,43	32,80
07.15-07.30	411,6	32,96	12,49	13.15-13.30	769,4	23,15	33,24
07.30-07.45	518,6	29,44	17,62	13.30-13.45	576,6	24,23	23,79
07.45-08.00	556,6	27,48	20,26	13.45-14.00	777,6	23,36	33,28
08.00-08.15	566,8	29,53	19,19	14.00-14.15	667,6	25,18	26,51
08.15-08.30	429	28,85	14,87	14.15-14.30	779,6	19,77	39,44
08.30-08.45	660,8	26,07	25,34	14.30-14.45	522,4	21,98	23,77
08.45-09.00	574,2	33,06	17,37	14.45-15.00	593	23,45	25,29
09.00-09.15	676,6	27,28	24,80	15.00-15.15	772	22,73	33,97
09.15-09.30	1146,6	30,83	37,19	15.15-15.30	842,4	21,81	38,62
09.30-09.45	651,4	27,20	23,95	15.30-15.45	677,4	25,39	26,68
09.45-10.00	705	29,49	23,90	15.45-16.00	526,2	21,70	24,25
10.00-10.15	529,4	29,70	17,83	16.00-16.15	703,6	19,40	36,26
10.15-10.30	747	12,93	57,76	16.15-16.30	889,8	21,80	40,82
10.30-10.45	540,8	29,18	18,54	16.30-16.45	777,2	17,83	43,59
10.45 - 11.00	936,4	17,49	53,55	16.45-17.00	735,4	17,56	41,89
11.00-11.15	631,8	23,55	26,83	17.00-17.15	901,6	13,18	68,39
11.15-11.30	638	21,32	29,92	17.15-17.30	793	18,10	43,82
11.30-11.45	747,2	19,32	38,68	17.30-17.45	530	17,42	30,43
11.45-12.00	499	21,08	23,67	17.45-18.00	675,4	14,58	46,34
12.00-12.15	745,6	25,03	29,79	18.00-18.15	863,4	16,88	51,14
12.15-12.30	808,6	29,39	27,51	18.15-18.30	787,6	13,93	56,54
12.30-12.45	918	25,40	36,14	18.30-18.45	744,4	15,40	48,33
12.45-13.00	584,2	28,48	20,51	18.45-19.00	657,4	19,00	34,61

4.5 Analisis Kinerja Ruas Jalan

Analisis kinerja ruas jalan terbagi menjadi Arus Lalu Lintas, Kecepatan Arus Bebas, Kapasitas Jalan, Derajat Kejemuhan dan Tingkat Pelayanan Jalan. Analisis kinerja simpang menggunakan data pada hari Sabtu, 25 November 2023.

1. Arus Lalu Lintas

Kendaraan dari arah Citraland menuju arah Terowongan

$$\begin{aligned}
 \text{smp} &= (\text{volume kendaraan SM} \times \text{emp}) + (\text{volume kendaraan MP} \times \text{emp}) + (\text{volume kendaraan KS} \times \text{emp}) \\
 &= (1.104 \times 0,25) + (928 \times 1) + (48 \times 1,2) \\
 &= 1261,6 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Kendaraan dari arah Terowongan menuju arah Citraland

$$\begin{aligned}
 \text{smp} &= (\text{volume kendaraan SM} \times \text{emp}) + (\text{volume kendaraan MP} \times \text{emp}) + (\text{volume kendaraan KS} \times \text{emp}) \\
 &= (372 \times 0,25) + (984 \times 1) + (48 \times 1,2) \\
 &= 1134,6 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

2. Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan Arus Bebas dihitung dengan persamaan berikut,

$$V_B = (V_{BD} + V_{BL}) \times FV_{BHS} \times FV_{BUK}$$

Didapati kecepatan arus bebas mobil penumpang 62,96 km/jam, kendaraan sedang 53,96 km/jam, sepeda motor 49,96 km/jam dan kecepatan rata-rata kendaraan 58,96 km/jam.

3. Kapasitas Jalan

Kapasitas Jalan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut,

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$$

Dapat dihitung nilai kapasitas:

$$C = 6800 \times 0,92 \times 1 \times 1 \times 0,90 = 5630,4$$

4. Derajat Kejemuhan

Mdka

Derajat Kejemuhan ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut,

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

$$D_J = \frac{1356,3}{5630,4} = 0,240$$

5. Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan jalan dapat diketahui dengan melihat nilai Derajat Kejemuhan (D_J) sebesar 0,240 maka tingkat pelayanannya berada pada Tingkat B, yang dimana arus stabil tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas.

4.6 Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan, Model Greenshields, Greenberg, Underwood (Sabtu, 25 November 2023)

Model	Vm (smp/jam)	Sm (km/jam)	Dm (smp/km)
Greenshields	830,7504	17,4860	47,5093
Greenberg	932,3576	11,6151	80,2707
Underwood	834,8199	14,3913	58,0084

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Karakteristik antara Volume, Kecepatan, Kepadatan untuk Model Greenshields, Greenberg dan Underwood (Sabtu, 25 November 2023)

Model	Greenshields	Greenberg	Underwood
S-D	$S = 34,97207509 - 0,368054578 D$	$S = 62,55237975 - 11,61516794 \ln D$	$\ln S = 1,299272486 - 0,017238881 D$
V-D	$V = 34,97207509 D - 0,368054578 D^2$	$V = 62,55237975 D - 11,61516794 D \ln D$	$V = 3,666628174 D \cdot e - 0,017238881 D$
V-S	$V = 95,01872058 D - 2,71698835 S^2$	$V = 218,1983862 S \cdot e - 0,086094321 S$	$V = 75,36872713 S - 58,00840696 S \ln S$

Tabel 4. Hasil Analisa Regresi (Sabtu, 25 November 2023)

	R ²	A	B
Linear	0,736906411	34,97207509	-0,368054578
Logaritmik	0,74187924	62,55237975	-11,61516794
Exponential	0,776068352	3,666628174	-0,017238881

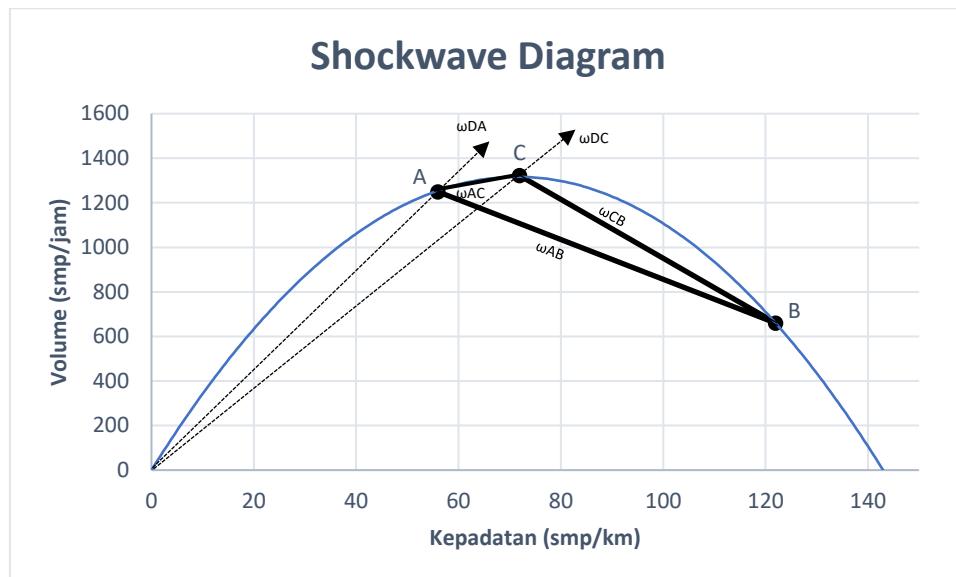
4.7 Gelombang Kejut

Gelombang kejut pada ruas Jalan Manado Outer Ringroad (MOR) I dapat dianalisis setelah mengetahui hubungan matematis antara Volume – Kepadatan. Perhitungan Gelombang Kejut menggunakan analisis hubungan matematis Volume – Kepadatan dengan Koefisien Determinasi (R²) tertinggi dari tiga hari survei.

Angka Koefisien Determinasi (R²) tertinggi diperoleh pada hari Sabtu, 25 November 2023 dengan nilai R² = 0,901 dengan Model Greenshields yang ditunjukkan pada Gambar 3.

4.8 Hasil Simulasi Lalu Lintas Menggunakan SUMO (Simulation of Urban Mobility)

Dari hasil simulasi pada hari Sabtu, 25 November 2023 di dapatkan perbandingan skenario lalu lintas pada Tabel 4.



Gambar 6. Kurva Gelombang Kejut

Tabel 5. Hasil Simulasi SUMO (Sabtu, 25 November 2023)

Sabtu, 25 November 2023	Kecepatan rata-rata (km/jam)	
	Output SUMO	Hasil Analisis
Kondisi Eksisting dengan Fasilitas <i>U-Turn</i>	30,7	-
Kondisi tanpa Fasilitas <i>U-Turn</i>	39,8	-
Kondisi dengan Fasilitas <i>U-Turn</i> Hasil Analisis	-	22,0



Gambar 7. Simulasi SUMO untuk Antrian Shockwave

Antrian putaran balik arah ke Terowongan yaitu 459,482 meter dan Antrian putaran balik arah ke Citraland 292,72 meter. Antrian putaran balik arah ke Terowongan terjadi akibat volume kendaraan paling banyak yaitu yang melewati arah Terowongan ke arah Citraland, dan tingginya volume kendaraan yang akan berputar balik arah ke Terowongan diakibatkan oleh adanya aktivitas berbelok ke Jalan Mangga karena banyak daerah perkantoran dan persekolahan. Sehingga panjang antrian lebih tinggi yaitu putaran balik arah ke Terowongan daripada putaran balik arah ke Citraland.

5 Kesimpulan

1. Peningkatan volume lalu lintas pada Jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I terlihat mulai pukul 07.00– 08.00 WITA, dengan volume terbanyak pada hari Selasa, 21 November 2023 arah Terowongan total volume 1357 smp/jam dan arah Citraland total volume 958 smp/jam. Aliran pergerakan memutar kendaraan terjadi peningkatan mulai pukul 07.00, dengan volume terbanyak pada hari Selasa, 21 November 2023 arah Terowongan total volume 534 smp/jam, dan arah Citraland total volume 285 smp/jam. Kecepatan rata-rata lalu lintas kendaraan menerus pada hari Selasa, 21 November 2023, arah Citraland Kecepatan terendah 11,59 km/jam dan arah Terowongan Kecepatan terendah 27,15 km/jam. Kecepatan rata-rata lalu lintas kendaraan yang melakukan putaran balik pada hari Selasa, 21 November 2023, putaran balik ke Citraland Kecepatan terendah 12,37 km/jam dan putaran balik ke Terowongan Kecepatan terendah 8,22 km/jam. Kapasitas Ruas Jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I 5630,4 smp/jam. Kecepatan arus bebas Sepeda Motor (SM) sebesar 49,96 km/jam, Mobil Penumpang (MP) sebesar 62,96 km/jam, Kendaraan Sedang (KS) sebesar 53,96 km/jam. Nilai Derajat Kejemuhan pada ruas jalan didapatkan sebesar 0,240 dengan Tingkat Pelayanan Jalan B.
2. Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas di ruas Jalan Manado *Outer Ringroad* (MOR) I Kota Manado dapat disimpulkan bahwa angka koefisien determinasi tertinggi didapati sebesar 0,736906411 pada hari Sabtu, 25 November 2023 menggunakan model *Greenshields*
3. Panjang antrian yang terjadi akibat kendaraan yang melakukan *U-Turn* di Jl. Manado *Outer Ringroad* (MOR) I Kota Manado untuk variasi nilai r selama 60 detik didapatkan Panjang antrian Putaran Balik ke arah Terowongan 459,482 meter dan Putaran Balik ke arah Citraland 292,72 meter.

Referensi

- Departemen Pekerjaan Umum, 2014. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Direktorat Jenderal Bina Marga dan Departemen Pekerjaan Umum Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2005. Pedoman Perencanaan Putaran Balik (*U-Turn*). Jakarta (ID) : Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Khisty, C. J., & Lall, B. K. (2005). Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi. In *Buku Dosen-2014*.
- Krajzewicz, D., Hertkorn, G., Wagner, P., & Rössel, C. (t.t.). *SUMO (Simulation of Urban MObility)*.
- Maer, J., Lefrandt, L. I. R., Timboeleng, J. A. (2019). *Analisis Pengaruh U-Turn Terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas Di Ruas Jalan Robert Wolter Monginsidi Kota Manado*.
- Mata, D., Rumayar, A. L. E., Pandey, S. V. (2021). *Analisa Kinerja Ruas Jalan Stadion Klabat Manado*.
- Saputri, F. A. A., Hidayat, B., Afrianti D. A (n.d.). *Pengaruh Jarak Antar Fasilitas Putar Balik (*U-Turn*) Terhadap Lalu Lintas sekitar CBD di Kota Cilegon*.
- Rompis, S. Y. R. (2018). Traffic Flow Model and Shockwave Analysis. *Jurnal Sipil Statik*,6(1).
- Tamin, O. Z. (2008). Perencanaan, pemodelan dan rekayasa transportasi. *Bandung: ITB* 277.
- Utami, Y., T., Ariyadi, T., Mayuni, S. (n.d.). *Kajian Putar Balik (*U-Turn*) Terhadap Arus Lalu Lintas (Studi Kasus: Jalan Gajah Mada Pontianak)*.