



## Analisis Gelombang Kejut Pada Lengan Persimpangan Bersinyal (Studi Kasus : Jl. Yos Sudarso – Jl. Maesa)

Abia Appu Sirenden<sup>#a</sup>, Audie L.E Rumayar<sup>#b</sup>, Meike M. Kumaat<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>sirendenabia97@gmail.com, <sup>b</sup>audie\_rumayar@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>meike.kumaat@unsrat.ac.id

### Abstrak

Kota Manado sebagai pusat industri dan pariwisata di Sulawesi Utara membuat Kota Manado sering mengalami permasalahan lalu lintas pada persimpangan. Permasalahan transportasi pada persimpangan dapat diatasi dengan adanya lampu lalu lintas, namun masih ditemui kemacetan yang diakibatkan oleh durasi lampu lalu lintas berwarna merah yang terlalu lama seperti yang terjadi di persimpangan Jl. Yos Sudarso – Jl. Maesa pada simpang bersinyal patung kuda Paal Dua Kota Manado. Penelitian ini melakukan survey pengambilan data primer berupa volume kendaraan, kecepatan kendaraan dan durasi lampu lalu lintas, sedangkan data sekunder berupa peta lokasi penelitian dan peta jaringan jalan. Data kecepatan dan volume kendaraan diolah untuk mendapatkan nilai kepadatan kemudian dibuat model hubungan matematis antara kecepatan, volume dan kepadatan. Dari parameter tersebut dilakukan analisis dengan menggunakan Analisis Gelombang Kejut dan Simulasi menggunakan perangkat lunak PTV Vissim. Model terpilih untuk perhitungan gelombang kejut dari data hasil survey selama 3 (tiga) hari dengan Jl. Yos Sudarso lengan utara sebagai nilai determinasi tertinggi ( $R^2$ ) = 0,7769 adalah model Greenshield dimana hubungan kecepatan dan kepadatan  $S = 26,764 - 0,11153D$ , hubungan volume dan kepadatan  $V = 26,764 - 0,11153D^2$  dan hubungan volume dan kecepatan  $V = 239,8136S - 8,9661S^2$ . Pada saat kondisi t1 ada 3 gelombang kejut yang terjadi yaitu  $\omega_{DA} = 15,762$  km/jam,  $\omega_{DB} = 0$  km/jam,  $\omega_{AB} = -10,985$  km/jam, saat kondisi t2 terjadi perubahan gelombang kejut menjadi  $\omega_{DC} = 13,4$  km/jam,  $\omega_{CB} = -13,37$  km/jam, dan pada saat kondisi t3 terjadi gelombang kejut dengan  $\omega_{AC} = 2,388$  km/jam. Pengaruh lampu lalu lintas berwarna merah selama 69 detik membuat panjang antrian maksimum sebesar 1178,9 meter.

*Kata kunci: lampu lalu lintas, persimpangan bersinyal, gelombang kejut, Greenshield*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan manusia sehari-hari, hal ini dikarenakan hampir semua kebutuhan manusia tidak lepas dari proses transportasi. Pembangunan transportasi yang terjadi saat ini di Indonesia lebih berfokus pada pembangunan di darat dibandingkan dengan laut dan udara. Hal ini menjadi wajar dikarenakan kondisi infrastruktur yang disediakan masih mengalami banyak permasalahan. Beberapa permasalahan transportasi yang sering terjadi di masyarakat seperti kemacetan, kecelakaan, antrian maupun tundaan dapat dijumpai di beberapa kota di Indonesia salah satunya di Kota Manado.

Kota Manado sebagai pusat industri dan pariwisata di Sulawesi Utara membuat Kota Manado selalu mengalami peningkatan penduduk dan jumlah kendaraan yang mengakibatkan meningkatnya jumlah pengguna lalu lintas tiap tahunnya. Dampak dari meningkatnya jumlah pengguna lalu lintas, membuat permasalahan transportasi banyak terjadi di beberapa sudut Kota Manado, salah satunya di persimpangan.

Seperti pada persimpangan Jl. Yos Sudarso – Jl. Maesa peningkatan jumlah kendaraan disebabkan oleh durasi lampu lalu lintas berwarna merah yang terlalu lama dan mengakibatkan panjang antrian pada ruas jalan di persimpangan tersebut. Bahkan panjang antrian kendaraan pada

lengan persimpangan mencaipai kurang lebih 200 meter.

Oleh sebab itu dilakukannya penelitian tentang gelombang kejut yang terjadi pada arus lalu lintas pada persimpangan Jl. Yos Sudarso-Jl. Maesa untuk mendapatkan informasi tentang kinerja persimpangan bersinyal terhadap arus lalu lintas di lokasi tersebut.

### 1.2 Rumusan Masalah

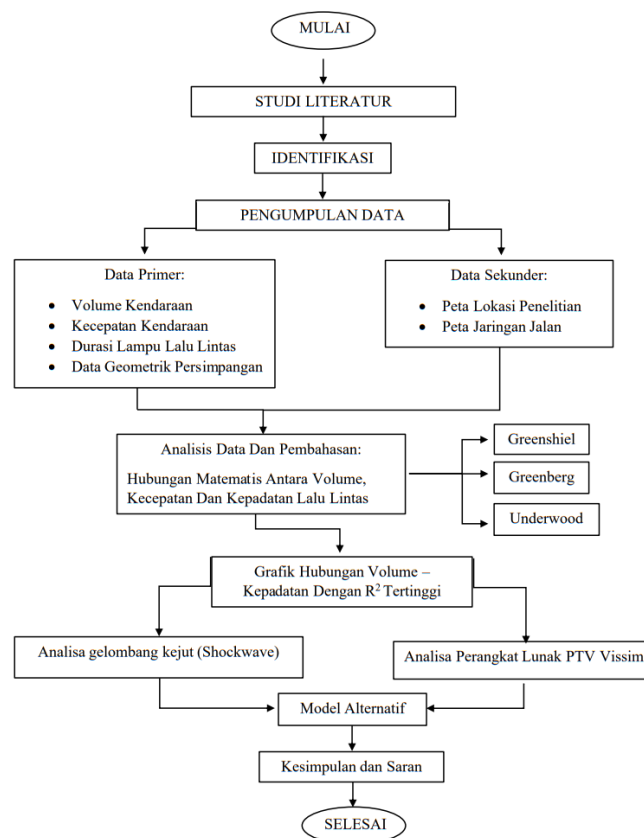
Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat ditemui rumusan masalah yaitu Berapa panjang antrian yang disebabkan oleh lampu lalu lintas berwarna merah pada lengan persimpangan Jl. Yos Sudarso – Jl. Maesa di Kota Manado dan Bagaimana solusi alternatif yang bisa digunakan untuk memecahkan masalah pada Persimpangan JL. Yos Sudarso – JL. Maesa di Kota Manado?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis hubungan antara arus, kepadatan, dan kecepatan pada persimpangan bersinyal Jl. Yos Sudarso – Jl. Maesa, menganalisis nilai gelombang kejut yang terjadi berdasarkan hubungan volume, kecepatan dan kepadatan yang terjadi pada persimpangan bersinyal Jl. Yos Sudarso – Jl. Maesa dan menghasilkan solusi terbaik menggunakan simulasi perangkat lunak VISIM pada persimpangan bersinyal.

## 2. Metode

Metode penelitian yang dilakukan berupa studi literatur, pengumpulan data, analisis hubungan matematis volume, kecepatan dan kepadatan serta alternatif yang dapat digunakan'



**Gambar 1.** Bagan Alir



**Gambar 2.** Lokasi Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan.

#### 3.1 Kondisi Geometrik

Pada penelitian ini persimpangan yang ditinjau adalah persimpangan patung kuda Paal Dua pada JL. Yos Sudarso – JL. Maesa Kota Manado. Bentuk geometrik pada masing-masing lengan tidak sama. Lebar jalan pada lengan JL. Maesa lebih kecil daripada lengan JL. Yos Sudarso.

#### 3.2 Volume Kendaraan

Pengambilan data volume lalu lintas pada penelitian ini diambil selama 3 hari yaitu pada hari Senin 14 Maret 2022, Selasa tanggal 15 Maret 2022 dan pada hari Sabtu tanggal 19 Maret 2022 dari pukul 08.00 - 19.00 WITA dengan interval waktu 15 menit. Pengolahan volume lalu lintas dengan menghitung setiap kendaraan yang melalui titik/pos pengamatan pada setiap lengan simpang di lokasi survey. Penyetaraan dalam satu mobil penumpang (smp) digunakan sebagai dasar perhitungan volume lalu lintas pada jam puncak. Perhitungan kendaraan/jam menjadi smp/jam dihitung dengan interval 15 menit menjadi 1 jam sesuai ekivalen mobil penumpang yang terdapat pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997).

Volume tertinggi pada jam dalam satu hari disebut jam puncak (*peak hour*). Dimana, jam puncak ini terjadi pada 3 periode yaitu pada senin pagi pada pukul 08.15 sampai pukul 05.00, siang antara pukul 12.30 sampai 13.30, dan pada sore terjadi antara pukul 16.45 sampai pukul 18.00, hari selasa.

#### 3.3 Kecepatan

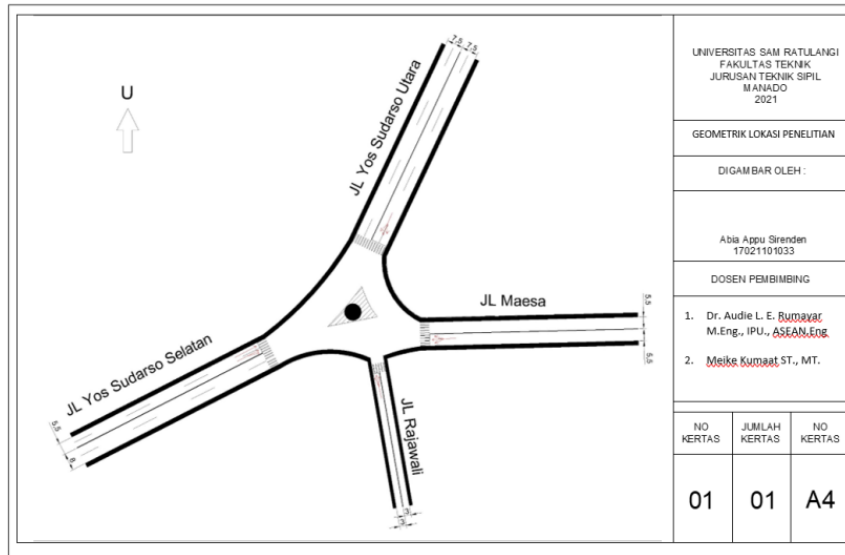
Pengambilan data waktu tempuh kendaraan pada masing-masing lengan dengan menggunakan 10 sampel kendaraan dalam interval waktu 15 menit dengan jarak tempuh sepanjang 50 meter analisis gelombang kejut (*shock wave*). Untuk simulasi Lalu lintas digunakan program PTV VISSIM dilakukan dengan menginput data seperti data geometric jalan, volume kendaraan dan kecepatan kendaraan yang melewati simpang tersebut.

#### 3.4 Kepadatan

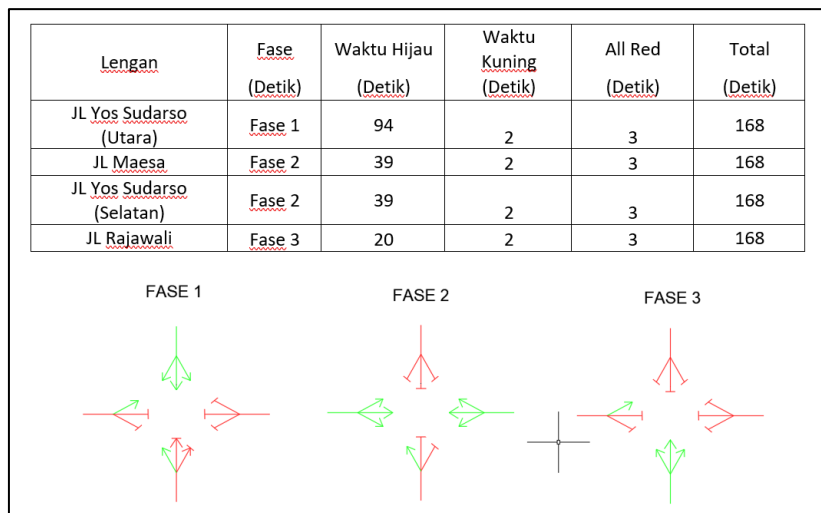
Kepadatan dapat dihitung dengan cara membagi variabel volume lalu lintas dengan variabel kecepatan. Hasil perhitungan kepadatan (D) untuk kepadatan rata-rata pada masing-masing lengan pada hari Senin 14 Maret 2022 simpang bersinyal Patung Kuda Paal Dua.

3.5. Hubungan Matematis Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas

Dalam hubungan matematis ini digunakan 3 (tiga) model yaitu Greenshield dengan melakukan transformasi linier pada persamaan, maka akan di dapat persamaan  $y = a+bx$  dimana Y diasumsikan sama dengan S dan X diasumsikan sama dengan D. Dengan menggunakan analisis regresi linier pada persamaan 2.42 dan 2.43 parameter A dan B dapat dihitung dan membentuk model persamaan Greenshield. Data perhitungan regresi linier untuk model Greenshield dapat dilihat pada Lampiran. Greenberg dengan melakukan transformas linier pada persamaan, maka akan di dapat persamaan  $y = a + bx$  dimana Y disamusikan sama dengan S dan X diasumsikan sama dengan LnD. dimana S dan D merupakan data yang bisa didapat dari hasil perhitungan kepadatan dan kecepatan arus lalu lintas, maka parameter A dan B dapat dihitung dengan metode logaritmik dan membentuk model persamaan Greenberg. Underwood Dengan melakukan transformas linier pada persamaan, maka akan di dapat persamaan  $y = a + bx$  dimana Y disamusikan sama dengan LnS dan X diasumsikan sama dengan D. dimana S dan D merupakan data yang bisa didapat dari hasil perhitungan kepadatan dan kecepatan arus lalu lintas, maka parameter A dan B dapat dihitung dengan metode logaritmik dan membentuk model persamaan Underwood.



Gambar 3. Geometrik Simpang



Gambar 4. Eksisting Fase Lampu Lalu Lintas

**Tabel 1.** Volume Maksimum Pada Saat Jam Puncak Senin 14 Maret 2022

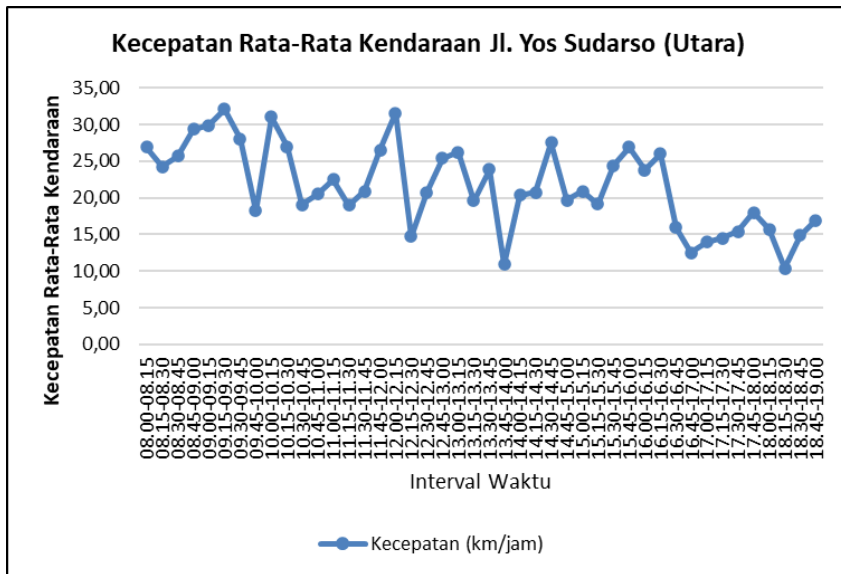
Lengan	Pagi		Siang		Sore	
	Waktu	Volume (smp/jam)	Waktu	Volume (smp/jam)	Waktu	Volume (smp/jam)
Jl. Yos Sudarso (Utara)	09.00-10.00	3812,8	12.00-13.00	6326	16.00-17.00	6656,4
Jl. Maesa	08.00-09,00	1647,2	11.00-12.00	1572,4	17.00-18.00	1392,8
Jl. Yos Sudarso (Selatan)	08.00-09,00	3352,8	14.00-15.00	4686,4	17.00-18.00	6500
Jl. Rajawali	08.00-09,00	1244	13.00-14.00	1153,2	17.00-18.00	941

**Tabel 2.** Volume Maksimum Pada Saat Jam Puncak Selasa 15 Maret 2022

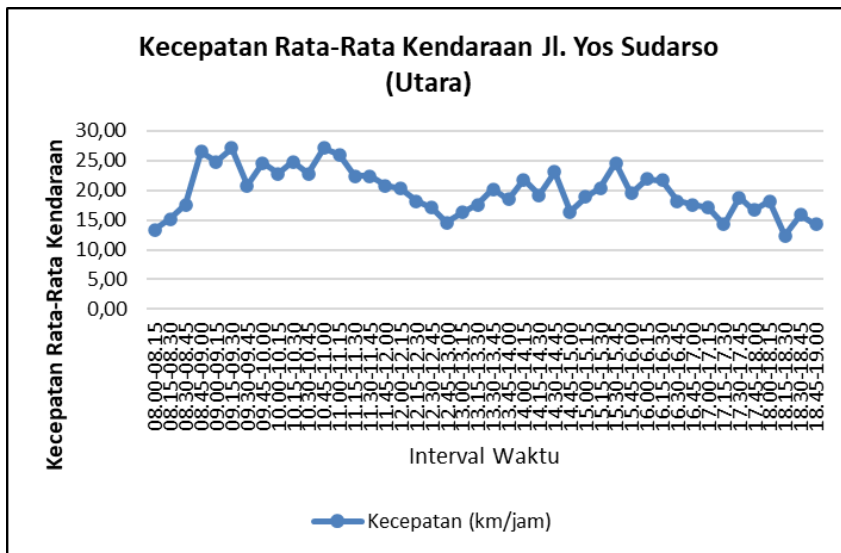
Lengan	Pagi		Siang		Sore	
	Waktu	Volume (smp/jam)	Waktu	Volume (smp/jam)	Waktu	Volume (smp/jam)
Jl. Yos Sudarso (Utara)	09.00-10.00	4508,8	13.00-14.00	5655,6	17.00-18.00	6128
Jl. Maesa	08.00-09,00	1510,8	12.00-13.00	1354,8	17.00-18.00	1440
Jl. Yos Sudarso (Selatan)	08.00-09,00	3392,8	14.00-15.00	4538,8	18.00-19.00	6250
Jl. Rajawali	08.00-09,00	968,8	13.00-14.00	1061,88	17.00-18.00	932,8

**Tabel 3.** Volume maksimum pada saat jam puncak Sabtu 19 Maret 2022

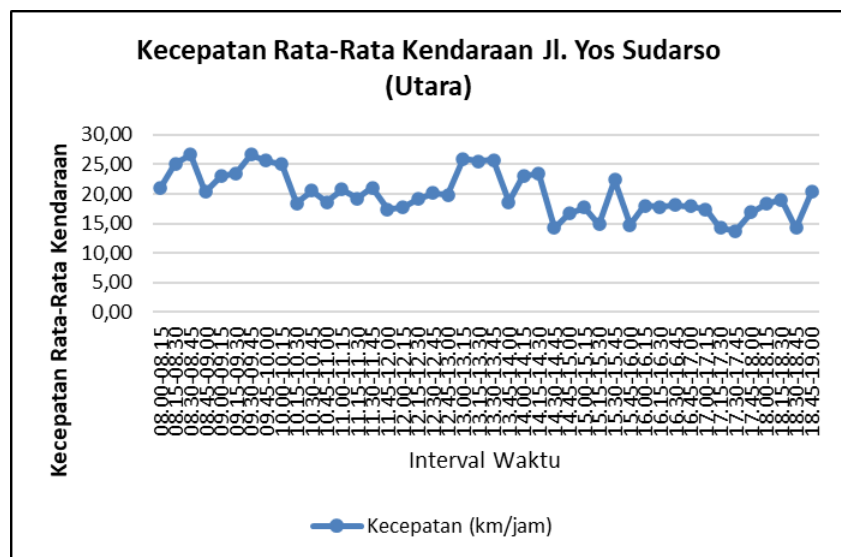
Lengan	Pagi		Siang		Sore	
	Waktu	Volume (smp/jam)	Waktu	Volume (smp/jam)	Waktu	Volume (smp/jam)
Jl. Yos Sudarso (Utara)	10.00-11.00	4248	14.00-15.00	5298,4	17.00-18.00	5727,6
Jl. Maesa	10.00-11.00	2023,2	14.00-15.00	1922,8	17.00-18.00	2095,2
Jl. Yos Sudarso (Selatan)	10.00-11.00	3738,8	14.00-15.00	4526,4	18.00-19.00	4535,6
Jl. Rajawali	09,00-10.00	910	13.00-14.00	892,4	18.00-19.00	858



Gambar 5. Grafik Kecepatan Kendaraan Pada Lengan Jl. Yos Sudarso (Utara) Senin 14 Maret 2022



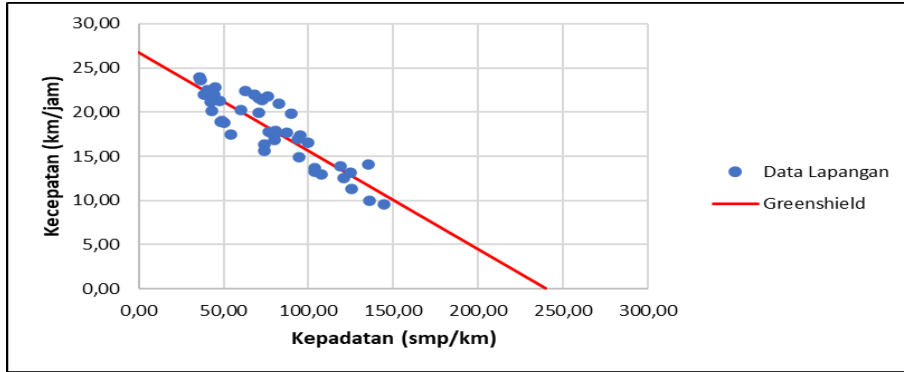
Gambar 6. Kecepatan Kendaraan Pada Lengan Jl. Yos Sudarso (Utara) Selasa 15 Maret 2022



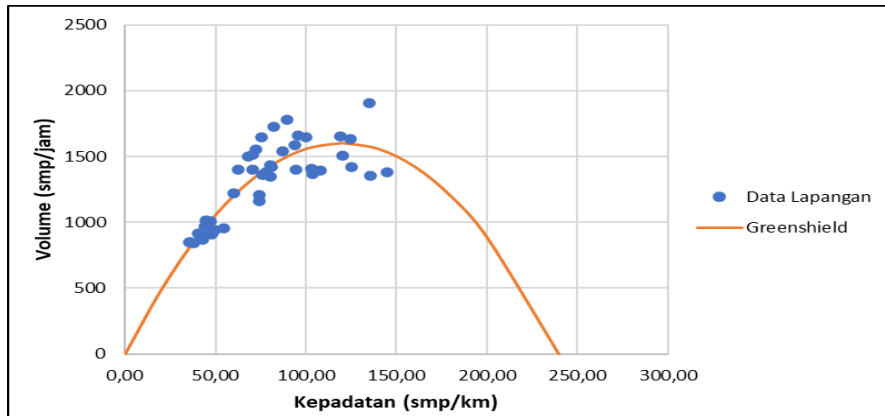
Gambar 7. Kecepatan Kendaraan Pada Lengan Jl. Yos Sudarso (Utara) Sabtu 19 Maret 2022

**Tabel 4.** Kepadatan Tertinggi Dalam Tiga Hari Pengambilan Data

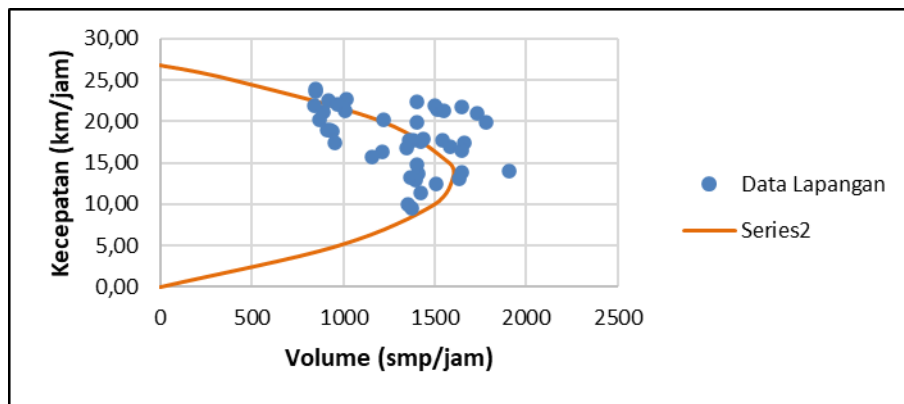
Hari/ Tanggal	Lengan Jalan	Kepadatan (Smp/Km)
Senin 14 Maret 2022	Jl. Yo Sudarso (Utara)	463,81
Selasa 15 Maret 2022	Jl. Yo Sudarso (Utara)	421,53
Sabtu 19 Maret 2022	Jl. Yo Sudarso (Utara)	371,99



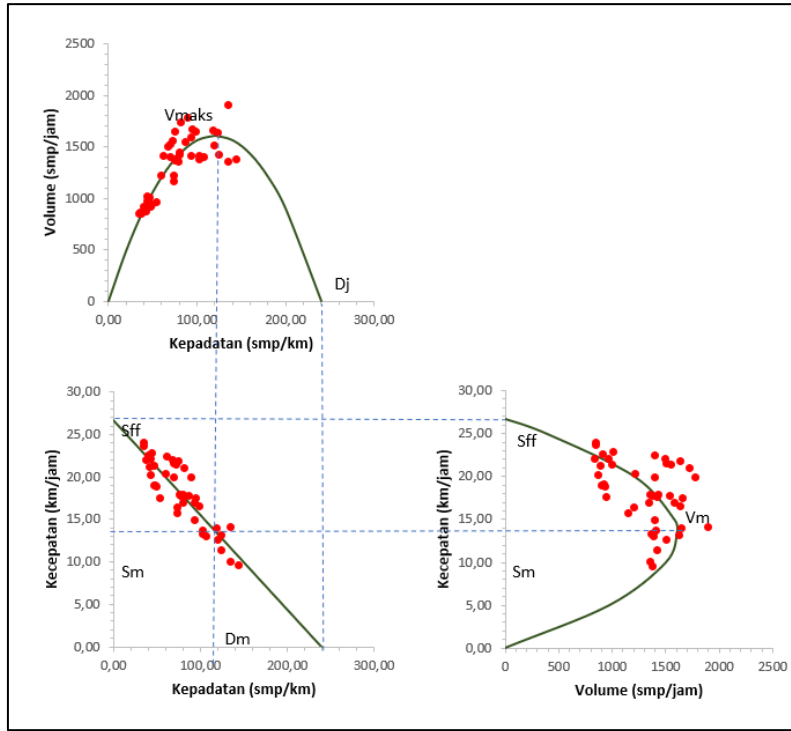
**Gambar 8.** Hubungan Matematis antara Kepadatan-Kecepatan untuk Model Greenshield pada JL Yos Sudarso Utara



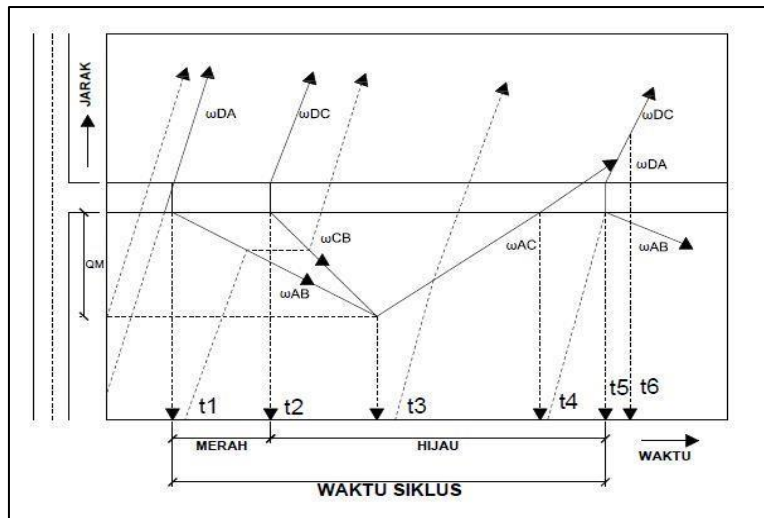
**Gambar 9.** Hubungan Matematis antara Kepadatan-Volume untuk Model Greenshield pada lengan JL. Yos Sudarso Utara



**Grafik 10.** Hubungan Matematis antara Volume-Kecepatan untuk Model Greenshield pada lengan JL Yos Sudarso Utara



**Grafik 11.** Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Model Greenshield untuk lengan Jl. Yos Sudarso Utara



**Gambar 12.** Gelombang Kejut Pada Persimpangan Jalan (Jarak-Waktu)

**4. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan pada lokasi penelitian persimpangan bersinyal JL. Yos Sudarso – JL. Maesa untuk tiap lengannya selama 3 hari, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai yaitu, model terpilih untuk menganalisis gelombang kejut pada ketiga lengan JL. Yos Sudarso – JL. Maesa yaitu model Greenshield yang merupakan fungsi linier sedangkan untuk model Greenberg tidak dipilih karena kecepatan arus bebas pada model Greenberg tidak memberikan nilai yang pasti karena grafik tidak memotong sumbu y dan untuk model Underwood nilai kepadatan pada kondisi macet total tidak dapat memberikan nilai yang pasti karena grafik tidak memotong sumbu x. Perhitungan Kapasitas dengan menggunakan hubungan matematis antara volume, kecepatan dan kepadatan yang memiliki nilai koefisien determinasi tertinggi. Nilai determinasi ( $R^2$ ) tertinggi pada lengan Jl. Yos Sudarso lengan utara sebesar



0,7769 dengan hubungan parameter antara kepadatan dan kecepatan,  $S = 26,764 - 0,11153D$ , hubungan kepadatan dan volume,  $V = 26,764 - 0,11153D^2$ , hubungan kecepatan dan volume,  $V = 239,8136S - 8,9661S^2$ , kapasitas ( $V_m$ ) = 1603,4 smp/jam, kepadatan maksimum ( $D_m$ ) = 119,907 smp/km, kecepatan maksimum ( $S_m$ ) = 13,373 km/jam. Aktivitas lampu lalu lintas pada lengan JL. Yos Sudarso lengan utara sangat berpengaruh terhadap panjang antrian maksimum karena pada analisis gelombang kejut untuk Jl. Yos Sudarso Utara didapatkan untuk kondisi t1  $\omega_{DA} = 15,762$  km/jam,  $\omega_{DB} = 0$  km/jam,  $\omega_{AB} = -10,985$  km/jam, untuk kondisi t2  $\omega_{DC} = 13,4$  km/jam,  $\omega_{CB} = -13,37$  km/jam, dan untuk kondisi t3  $\omega_{AC} = 2,388$  km/jam. Adapun aktivitas lampu lalu lintas pada lengan JL. Yos Sudarso – JL. Maesa sangat berpengaruh terhadap panjang antrian maksimum pada setiap pendekat di persimpangan tersebut karena pada analisis gelombang kejut untuk tiap lengannya. Panjang antrian yang didapatkan dengan menggunakan perangkat lunak PTV Vissim sesuai data pada jam puncak tertinggi selama 3 hari survey yaitu untuk jalan Yos Sudarso lengan utara sebesar 387 m, jalan Maesa sebesar 56 m dan jalan Yos Sudarso lengan selatan sebesar 204 m. Penambahan *fly over*, untuk menghubungkan Jl. Yos Sudarso lengan utara dan lengan selatan juga yang menghubungkan Jl. Yos Sudarso lengan selatan dan Jl. Maesa menghasilkan penurunan panjang antrian akibat lampu lalu lintas. Hasilnya yaitu untuk jalan Yos Sudarso lengan utara sebesar 50,1 m, jalan Maesa sebesar 10,3 m dan jalan Yos Sudarso lengan selatan sebesar 61,7 m. Saran yang diberikan dari hasil penelitian selama 3 hari ini dapat dilihat bahwa aktivitas lampu lalu lintas pada lengan persimpangan Jl. Yos Sudarso – Jl. Maesa mempengaruhi kemacetan yang terjadi di persimpangan tersebut sehingga perlu adanya, pelebaran jalan, *fly over*, dan aturan belok kiri langsung (LTOR) pada Jl. Yos Sudarso lengan utara

## Referensi

- A.a.n.a. jaya wikrama, *analisis kinerja simpang bersinyal (studi kasus jalan teuku umar barat – jalan gunung salak)*. Jurnal ilmiah teknik sipil universitas udayana denpasar vol. 15, no. 1, januari 2011
- Abdullah, z.z. (2016). *Analisa gelombang kejut pada lengan persimpangan terhadap aliran arus lalu lintas*. Teras jurnal vol 6. Universitas malikussaleh aceh.
- Adam, o., timboeleng, j.a., jansen, f. (2013). *Analisa gelombang kejut terhadap karakteristik arus lalu lintas di jalan walanda maramis bitung*. Jurnal ilmiah media engineering vol 3. Universitas sam ratulangi manado.
- Anonim. (2014). *Pedoman kapasitas jalan indonesia*. Direktorat jendral bina marga, departemen pekerjaan umum.
- Anonim. (1997). *Manual kapasitas jalan indonesia*. Direktorat jendral bina marga, departemen pekerjaan umum.
- Bella, m., timboeleng, j.a., rompis, s.y.r. (2016). *Analisa gelombang kejut pada persimpangan bersinyal (studi kasus: jl. 17 agustus - jl. Babe palar)*. Jurnal sipil statik vol 4. Universitas sam ratulangi manado.
- Brilia, rompis, s.y.r., jefferson, l. (2019). *Pengaruh penyempitan jalan terhadap karakteristik lalu lintas (studi kasus: jalan wolter monginsidi, malalayang ii, kota manado)*. Jurnal sipil statik vol 7. Universitas sam ratulangi manado.
- Deden firmansyah, a.r. indra tjahjani. (2012). *analisis kemacetan lalu lintas di suatu wilayah (studi kasus di jalan lenteng agung)*. Publikasi ilmiah teknik sipil ums
- Dolly w. Karels, alyes w. Siki, elia hunggurami, *analisis kinerja simpang takbersinyal persimpangan jalan w. J. Lalamentik dan jalan amabi kota kupang*. Jurnal teknik sipil petra vol. 10 no. 1 (2021)
- Husni mubarak, *analisis kapasitas dan tingkat kinerja simpang bersinyal lampu lalu lintas pada persimpangan jalan pasir putih jalan kaharuddin nasution kota pekanbaru*. Jurnal teknik sipil abdurab pekanbaru vol. 1 no. 01 (2016)
- Indiyoko narusianto, *pengaruh lama penutupan pintu kereta api terhadap panjang antrian dan tundaan kendaraan: aplikasi teori gelombang kejut pada ruas jalan mojo baciro yogyakarta*. Jurnal teknik sipil universitas islam yogyakarta (uii) (2016)
- Julianto, e.n. (2010). *Hubungan antara kecepatan, volume dan kepadatan lalu lintas ruas jalan siliwangi semarang*. Jurnal teknik sipil & perencanaan vol 12. Universitas negeri semarang.
- Kakiay, t. (2004). *Dasar teori antrian untuk kehidupan nyata*.
- Kasenda, n.d., timboeleng, j.a., jansen, f. (2013). *Analisa gelombang kejut dan pengaruhnya terhadap arus lalu lintas di jalan sarapung manado*. Jurnal ilmiah media engineering vol 3. Universitas sam ratulangi manado.
- Khisty, c.j., lall, b.k., (1990). *Dasar - dasar rekayasa transportasi, jilid 1*. Ed. a. Prenticehall, upper saddle river, n.j.
- Lefrandt, l.i.r. (2012). *Kapasitas dan tingkat pelayanan ruas jalan piere tendean manado pada kondisi*

- arus lalu lintas satu arah*. Tekno-sipil vol 10. Universitas sam ratulangi manado.
- Leni sriharyani, *analisis kinerja simpang tidak bersinyal kota metro (studi kasus persimpangan jalan, ruas jalan jend. Sudirman, jalan sumbawa, jalan wijaya kusuma dan jalan inspeksi)*. Jurnal teknik sipil universitas muhammadiya metro tapak vol. 6 no. (1 november 2016)
- Michael, g., rompis, s.y.r., timboeleng, j.a., (2020). *Analisa gelombang kejut pada lengan persimpangan bersinyal (studi kasus: jl. Sam ratulangi - jl. Babe palar)*. Universitas sam ratulangi manado.
- Muhamad fikri tamam, budi arief, andi rahmah, *analisis kinerja simpang bersinya (jl. Tegar beriman-jl. Raya bogor)*. Jurnal online mahasiswa (jom) bidang teknik sipil universitas pakuan vol. 1 no.1 (2016)
- Nutrihadi, f. (2016). *Studi kinerja vanet scenario generators: sumo dan vanetmobisim untuk implementasi routing protocol aodv menggunakan network simulator 2 (ns-2)*. Itits vol 5.
- Paendong, a., timboeleng, j.a., rompis, s.y.r. (2020). *Analisa kinerja simpang Tak bersignal (studi kasus : simpang tak bersignal lengan tiga jl. Hasanuddin, jl. Santiago dan jl. Pogidon, tuminting)*. Universitas sam ratulangi manado.
- Pane, f.p., rompis, s.y.r., timboeleng, j.a. (2018). *Analisa perbandingan panjang antrian menggunakan teori antrian dan analisa gelombang kejut di loket keluar kendaraan kawasan megamas manado*. Jurnal sipil statik vol 6. Universitas sam ratulangi manado.
- Pesik, b.s., rompis, s.y.r., pandey, s.v. (2017). *Studi pemanfaatan lampu lalu lintas untuk penyeberang jalan dan pengaruhnya Terhadap panjang antrian kendaraan (studi kasus: pelican depan manado town square)* vol 5. Universitas sam ratulangi manado.
- Retno dwi nurjanah, *studi gelombang kejut pada simpang bersinyal dengan menggunakan emp atas dasar analisa headway*. Jurnal uns-f. Teknik jur. Teknik sipil-i1112075-2015
- Rikki h malau. (2013). *aplikasi shock wave analysis dan queueing analysis untuk menghitung panjang antrian pada perlintasan sebidang*. Jurnal repositori institusi universitas sumatera utara
- Rompis, s.y.r. (2018). *Traffic flow model and shockwave analysis*. Jurnal sipil statik vol 6. Universitas sam ratulangi manado.
- Saniwan bahari. (20-mar-2017). *analisis kemacetan simpang tiga tak bersinyal di jalan klambir 5 - jalan stasiun lama medan*. Jurnal teknik sipil umsu
- Soedirdjo, t.l. (2002). *Rekayasa lalu lintas*. Itb, bandung.
- Tamin, o., 2003. *Perencanaan dan pemodelan transportasi*.
- Tamin, o.z. (2000). *Perencanaan dan pemodelan transportasi*. Penerbit itb, bandung.
- Timpal, g.s.j., sendow, t.k., 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 vol 6. Universitas sam ratulangi manado.
- Wowor, s.k.g., rompis, s.y.r., lefrandt, l. (2019). *Analisa gelombang kejut akibat aktivitas angkutan kota (studi kasus: jln sam ratulangi – ranotana, manado)*. Jurnal sipil statik vol 7. Universitas sam ratulangi manado.