

Kinerja Simpang Bersinyal BTP – Perintis Kemerdekaan – Lingkar Barat Kota Makassar

Immanuel Egi Kabangnga^{*1}, Rais Rachman^{*2}, Louise Elizabeth Radjawane^{*3}

^{*1} *Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia*
egimanuel@gmail.com

^{*2,3} *Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia*
rais.rachman@gmail.com² dan eliz_louise@yahoo.com³

Corresponding Author: egimanuel@gmail.com

Abstrak

Pada simpang BTP – Perintis Kemerdekaan – Lingkar Barat telah mengalami antrean kendaraan yang panjang khususnya jalan Perintis Kemerdekaan, dari arah selatan menuju utara antran kendaraan sampai pintu 2 UNHAS sedangkan dari arah berlawanan antrean kendaraan terjadi sampai Dinas Perpustakaan dan Arsip Daerah Provinsi Sulawesi Selatan. Antrean kendaraan terjadi pada jam – jam sibuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui arus jenuh, kapasitas, dan derajat kejenuhan simpang bersinyal BTP – Perintis Kemerdekaan – Lingkar Barat pada jam puncak pagi atau sore hari kondisi Eksisting, serta hubungan antara kapasitas terhadap derajat kejenuhan pada simpang bersinyal BTP – Perintis Kemerdekaan – Lingkar Barat. Untuk menghitung arus lalu lintas, kendaraan dibagi 4 yaitu Kendaraan Ringan, Kendaraan Sedang, Sepeda Motor, dan Kendaraan Tak Bermotor tidak dianggap bagian arus lalu lintas melainkan hambatan samping. Metode yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan PKJI 2014. Dari data dan hasil penelitian yang dilakukan secara manual kinerja simpang bersinyal yang mempertemukan BTP, Jalan Perintis Kemerdekaan dan Jalan Lingkar Barat didapatkan bahwa derajat kejenuhan kinerja simpang termasuk pada kategori C. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia hasil penelitian ini dapat dikatakan bahwa kondisi arus lalu lintas simpang bersinyal yang mempertemukan BTP, Jalan Perintis Kemerdekaan dan Jalan Lingkar Barat Arus stabil tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan.

Kata Kunci: Simpang, Kinerja, Derajat Kejenuhan

Abstract

At the intersection of BTP – Perintis Kemerdekaan – West Ring has experienced a long queue of vehicles, especially the Perintis Kemerdekaan road, from the south to the north of the vehicle queue to door 2 of UNHAS while from the opposite direction the queue of vehicles occurs until the Regional Library and Archives Office of South Sulawesi Province. Vehicle queues occur during peak hours. This study aims to determine the saturated current, capacity, and degree of saturation of the BTP – Pioneer of Independence – West Ring interchange at the peak hour of morning or evening existing conditions, as well as the relationship between capacity to the degree of saturation at the BTP – Pioneer of Independence – West Ring interchange. To calculate traffic flow, vehicles divided into 4 namely Light Vehicles, Medium Vehicles, Motorcycles, and Non-Motorized Vehicles are not considered part of the traffic flow but side obstacles. The method used in this study is in accordance with PKJI 2014. From the data and results of research conducted manually on the performance of the interchange that brings together BTP, Jalan Perintis Kemerdekaan and Jalan Lingkar Barat, it was found that the degree of saturation of intersection performance is included in category C. According to the Indonesian Road Capacity Guidelines, the results of this study can be said that the condition of the interchange traffic flow that brings together BTP, Independence Pioneer Road and West Ring Road The current is stable but the speed and motion of vehicles Controlled.

Keywords: Intersection, Performance, Degree of Saturation

PENDAHULUAN

Persimpangan adalah pertemuan dua jalan atau lebih dan memiliki dampak yang signifikan terhadap kelancaran pergerakan kendaraan di jaringan jalan. Beberapa persimpangan jalan terkadang terjadi kemacetan, karena itu perlu digunakan sinyal (lampu lalu lintas). Sinyal (lampu lalu lintas) ini dapat mengatur pergerakan lalu lintas secara bergiliran dan berurutan sesuai jangka waktu yang dibutuhkan sesuai dengan jumlah kendaraan yang melewati simpang tiap lengan. Jika panjang antrian melebihi batas yang ditentukan pada suatu simpang, maka simpang tersebut tidak lagi efisien atau perlu ditingkatkan kinerjanya. Volume kendaraan yang banyak dapat membuat antrian panjang pada simpang satunya ialah simpang yang mempertemukan jalan Perintis Kemerdekaan, jalan Tamalanrea Raya dan jalan Jalur Lingkar Barat. Pada simpang BTP-Perintis Kemerdekaan-Lingkar Barat telah mengalami antrian kendaraan yang panjang khususnya jalan Perintis Kemerdekaan, dari arah selatan menuju utara antrian kendaraan sampai pintu 2 UNHAS sedangkan dari arah berlawanan antrian kendaraan terjadi sampai Dinas Perpustakaan dan Arsip Daerah Provinsi Sulawesi Selatan. Antrian kendaraan terjadi pada jam-jam sibuk. Sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian sejenis, diantaranya yaitu Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak) diperoleh hasil studi ini menggunakan 3 alternatif perbaikan yang berbeda: alternatif 1 yang melibatkan pengaturan ulang lampu lalu lintas menggunakan beberapa program, alternatif 2 yang melibatkan kombinasi pelebaran geometrik persimpangan dengan pengaturan ulang beberapa program dan alternatif 3 pengaturan ulang dengan mengalihkan gerakan di kaki selatan. Penanda dalam mengevaluasi pelaksanaan titik persimpangan dilihat dari keterlambatan konvergensi. Yang terbaik dari ketiga alternatif yang diuji adalah opsi 2 [1], Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin – Jalan Kamboja, Sumbawa Besar) tingkat pelayanan simpang adalah tingkat C (arus stabil tetapi kecepatan terbatas) berdasarkan temuan analisis yaitu derajat kejenuhan untuk masing-masing nilai Barat (0,53), Selatan (0,55) dan Timur (0,56). Karena derajat kejenuhan masih dibawah 0,75, hal ini menandakan simpang bersinyal masih cukup baik [2], Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mitra Batik Kota Tasikmalaya) berdasarkan hasil temuan, volume lalu lintas maksimum di simpang Mitra Batik saat ini adalah 1032,1 smp/jam, di bagian Barat, 485,2 smp/jam di bagian Utara, 861,5 smp/jam di bagian Timur dan 712,1 smp/jam di bagian Selatan. Simpang Mitra Batik memiliki tingkat kejenuhan sebesar 0,87 arah Barat, 0,65 arah Utara, 0,87 arah Timur dan 0,82 arah Selatan. Dengan panjang antrian 24,9 smp di Barat panjang antrian 174 m, 13,5 smp di Utara panjang antrian 95 m, 22,3 smp di Timur panjang antrian 156 m, dan 13,7 smp di Selatan panjang antrian 96 m [3], Evaluasi Kinerja Ruas Jalan Dan Persimpangan Bersinyal (Studi Kasus: Titik Persimpangan Dan Area Yang Berhubungan Dengan Jl. Kedoya Duri dan Duri Raya) berdasarkan analisis data yang ada, *Level of Service (LOS) F* menunjukkan bahwa terdapat rasio kendaraan yang tinggi, waktu siklus yang panjang dan tundaan yang tinggi pada jam sibuk pagi dan siang hari. Telah melampaui standar MKJI tahun 1997 untuk cukup baik, dibuktikan dengan waktu siklus yang panjang, 180 detik untuk lalu lintas tiga fasa dan nilai derajat kejenuhan lebih besar dari 1,00. Karena *LOS C* kurang dari 0,8 (DS 0,8) maka nilai derajat kejenuhan dapat digunakan sebagai solusi alternatif untuk mengevaluasi kinerja simpang. Set opsi kedua untuk pemecahan masalah adalah solusi terbaik (*LOS D*) untuk jama sibuk pagi dan sore hari dan *LOS* untuk jam sibuk sore hari [4], Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Program *Synchro* Pada Jalan Jl. Majapahit – Jl. Fatmawati – Dan Jl Majapahit – Jl. Soekarno Hatta, Semarang didapatkan kondisi simpang yang tidak dapat menampung arus lalu lintas saat ini. Diperoleh nilai 7 dan >0,75 pada derajat kejenuhan dan MKJI, hal ini dikarenakan banyaknya kendaraan pribadi yang digunakan di kawasan tersebut [5], Analisa Kinerja Simpang Bersinyal

Pada Simpang Boru Kota Serang diperoleh satu pendekat yang jenuh menurut hasil simpang boru, dengan Utara memiliki (Ds) sebesar 0,77 ($Ds < 0,75$ tidak jenuh). Untuk nilai DS pada Selatan, Barat dan Timur memiliki Ds sebesar 0,61, 0,34 dan 0,30 ($Ds > 0,75$ jenuh). Simpang tersebut memiliki panjang antrian 40,70 m dan jumlah halte untuk semua simpang adalah 0,70 stop/smp. Tingkat pelayanan simpang (*LOS*) D dengan tundaan rata-rata 25,1 – 40 detik/smp dicapai dengan tundaan rata-rata yang menghasilkan sebesar 30,96 detik/smp [6], Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan A.H. Nasution Dan Jalan Cikadut, Kota Bandung diperoleh nilai derajat kejenuhan (DS) pagi dan sore sebesar 0,937. Hasil survei menunjukkan bahwa tidak mencapai ketentuan MKJI 1997 dimana DS lebih kecil dari 0,85 sehingga harus disurvei kembali agar nilainya dapat tercapai [7], Analisa Kinerja Persimpangan Bersinyal (Studi Kasus Simpang H. Rais A. Rahman – Re. Martadinata – Hm. Suwignyo) mencapai tingkat pelayanan pada simpang F dan C, *Software VISSIM* F dan D, perlu segera penanganan alternatif. Hasil terbaik dapat dicapai dengan menggabungkan perubahan geomorfik, rekayasa arus lalu lintas (H. Rais A. Rahman dan Jalan Paralel dipertahankan dalam dua arah) dan transisi dari simpang bersinyal ke simpang tak bersinyal [8], Analisis Simpang Bersinyal Pada Simpang 4 Jl. Siliwangi Kota Tasikmalaya diperoleh performa di simpang 4 Jalan Siliwangi Tasikmalaya telah mencapai angka kritis, nilai derajat kejenuhan (DS) 0,7. Isu lain termasuk 230 konflik lalu lintas penyeberangan (55%), 145 insiden penggabungan (35%) dan 41 peristiwa penyimpangan (10%) [9], Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Setia Darma 2 – Inspeksi Kalimantan, Bekasi menunjukkan hasil karena derajat kejenuhan (DS) keseluruhan lebih besar dari 1, maka tingkat pelayanan persimpangan eksisting ditetapkan menjadi tingkat F (aliran padat, kecepatan rendah dan kemacetan sering) berdasarkan temuan hasil analisis. Pendekatan Utara, Selatan, Timur dan Barat memiliki tingkat kejenuhan masing-masing 0,87, 0,54, 0,50 dan 0,79 ketika lengan pendekatan diperluas untuk analisis kedua menghasilkan tingkat layanan D [10].

METODOLOGI

1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada Simpang BTP yang mempertemukan jalan Perintis Kemerdekaan, jalan Tamalanrea Raya dan jalan Lingkar Barat. Lokasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian, Simpang BTP

Kegiatan ini dilakukan selama 3 hari, tepatnya pada hari Senin, Kamis dan Sabtu. Survei pendahuluan ke lokasi sebelumnya menjadi dasar pemilihan hari ini, yang meliputi hari Senin dan Kamis sebagai hari kerja

dan Sabtu sebagai hari libur. Survei ini berlangsung sebanyak 2 kali, dari pukul 06:00 hingga 08:00 WITA dan pukul 16:00 hingga 19:00 WITA

2. Pengumpulan Data

a. Data Primer

1) Arus Lalu Lintas

Survei ini dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan yang bergerak pada pendekatan simpang bersinyal. Survei dilakukan pada jam puncak yaitu pukul 06:00 – 08:00 WITA dan 16:00 – 19:00 WITA. Pencatatan data survei arus lalu lintas berdasarkan jenis kendaraan pada formulir survei arus lalu lintas yang dilakukan setiap 15 menit.



Gambar 2. Kegiatan Survei

2) Kondisi Geometrik

Data geometrik yang didapatkan dengan melakukan pengukuran langsung dilokasi penelitian, dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 3 dengan tipe simpang 434. Pada pendekatan utara dan selatan sering terjadi konflik sehingga tipe pendekatan utara dan selatan adalah terlawan dan tipe pendekatan timur dan barat adalah terlindung.

Tabel 1. Kondisi Geometrik Simpang

Pendekat	Tipe Pendekat	Lebar Efektif (m)	Belok Kiri Langsung	Median
Utara (Jl. Perintis Kemerdekaan)	O	15	Ada	Ada
Selatan (Jl. Perintis Kemerdekaan)	O	15	Ada	Ada

3) Tipe Lingkungan

Tipe lingkungan pada simpang ditentukan berdasarkan aktivitas di sekitar simpang dimana pada simpang BTP – Jalan Perintis Kemerdekaan – Jalan Lingkar Barat faktor kelandaian adalah 1 karena kelandaian pada pendekatan rata. Di setiap lengan simpang ditemukan kendaraan parkir berupa angkutan umum yang menaik turunkan penumpang serta dari pengamatan pada simpang waktu hilang sebesar 4 detik pada masing – masing pendekatan utara dan pendekatan selatan sehingga total waktu hilang $\Sigma H_H = 4 + 4 = 8$ detik.

b. Data Sekunder

Pendekatan analisis dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia adalah kapasitas persimpangan dipengaruhi oleh pemukiman di sekitar simpang yang mengakses langsung pejalan kaki dan kendaraan. Hal tersebut dapat menjadi hambatan samping pada simpang.

PEMBAHASAN ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Derajat Kejenuhan

Dari data dan hasil penelitian kinerja simpang bersinyal yang mempertemukan BTP, Jalan Perintis Kemerdekaan dan Jalan Lingkar Barat didapatkan bahwa derajat kejenuhan kinerja simpang termasuk pada kategori C. Hal ini dibuktikan dari hasil penelitian dimana derajat kejenuhan hari senin pagi pada pendekat selatan sebesar 0,64 dan sore pada pendekat utara sebesar 0,70. Derajat kejenuhan hari rabu pada pendekat selatan sebesar 0,59 dan sore pada pendekat utara sebesar 0,59. Sedangkan pada hari sabtu pagi derajat kejenuhan pada pendekat selatan sebesar 0,47 dan sore pada pendekat utara sebesar 0,47. Menurut PKJI hasil penelitian ini dapat dikatakan bahwa kondisi arus lalu lintas simpang bersinyal yang mempertemukan BTP, Jalan Perintis Kemerdekaan dan Jalan Lingkar Barat arus stabil tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan.

2. Nilai Tundaan

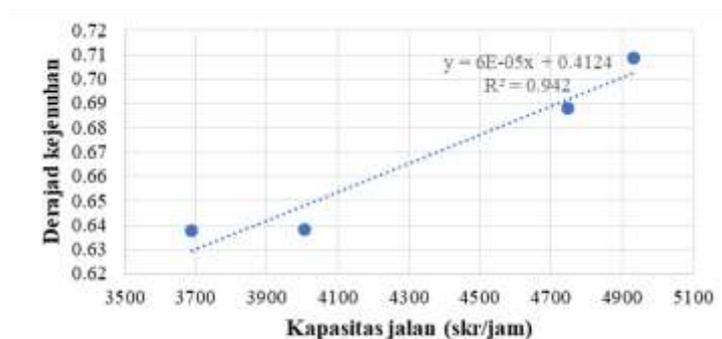
Nilai tundaan hari senin pagi pada pendekat utara sebesar 843,04 det/skr, pendekat selatan sebesar 804,34 det/skr. Sedangkan pada sore hari nilai tundaan pada pendekat utara sebesar 891,15 det/skr, pendekat selatan 899,39 det/skr, Hari rabu nilai tundaan pagi hari pada pendekat utara sebesar 823,26 det/skr, pendekat selatan sebesar 786,43 det/skr. Sedangkan sore hari nilai tundaan pada pendekat utara sebesar 828,74 det/skr, pendekat selatan sebesar 853,8 det/skr. Untuk hari sabtu nilai tundaan pagi hari pada pendekat utara dan selatan sebesar 709,1 det/skr dan 785,16 det/skr. Saat sore hari nilai tundaan pada pendekat utara dan selatan sebesar 599,24 det/skr dan 15,42 det/skr.

3. Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan hari senin pada pendekat utara sebesar 3.689,5 skr/jam, pendekat selatan sebesar 4.934,4 skr/jam. Saat sore hari kapasitas jalan pendekat utara bernilai 4.009,1 skr/jam, pendekat selatan bernilai 4.747,8 skr/jam. Hari rabu kapasitas jalan saat pagi pada pendekat utara 3.747,9 skr/jam dan 4.881,9 skr/jam pada pendekat selatan. Sore hari kapasitas pendekat utara dan selatan sebesar 3.261,1 skr/jam dan 3.577 skr/jam. Hari sabtu kapasitas jalan pagi pada pendekat utara dan selatan sebesar 4.412,7 skr/jam dan 4.121,8 skr/jam sedangkan pada sore hari 5.204 skr/jam dan 8.707,6 skr/jam.

4. Hubungan Kapasitas dengan Derajat Kejenuhan

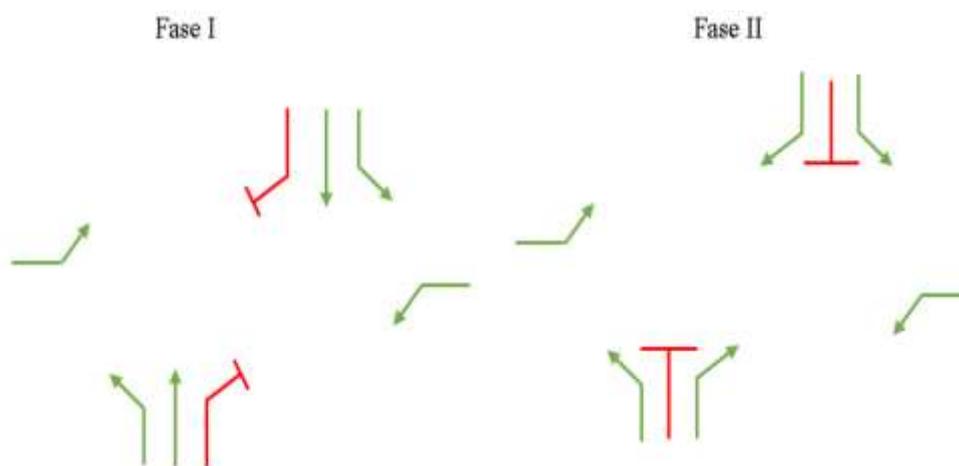
Hubungan kapasitas terhadap derajat kejenuhan dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 dimana nilai koefisien determinasi adalah 0,942. Peningkatan nilai kapasitas berpengaruh 94,2% terhadap peningkatan nilai derajat kejenuhan, namun peningkatan nilai derajat kejenuhan dapat menurunkan kinerja samping parkir, gradien dan ukuran kota berpengaruh 5,8%.



Gambar 3. Hubungan Kapasitas terhadap Derajat Kejenuhan

5. Perbaikan Fase dan Sinyal

Pada simpang BTP – Perintis Kemerdekaan – Lingkar Barat fase II pada gambar terdapat lurus jalan terus pada pendekat selatan, maka perlu adanya perbaikan fase dan waktu sinyal untuk kelancaran arus lalu lintas. Dari perubahan fase dan waktu fase, maka fase I dari arah utara belok kanan merah selama 55 detik dan lurus hijau selama 25 detik sedangkan dari arah selatan belok kanan merah selama 30 detik dan lurus selama 22 detik. Untuk fase II arah utara belok belok kanan hijau selama 25 detik dan lurus merah selama 55 detik sedangkan arah selatan belok kanan hijau selama 23 detik dan lurus merah selama 30 detik.



Gambar 4. Perbaikan Fase

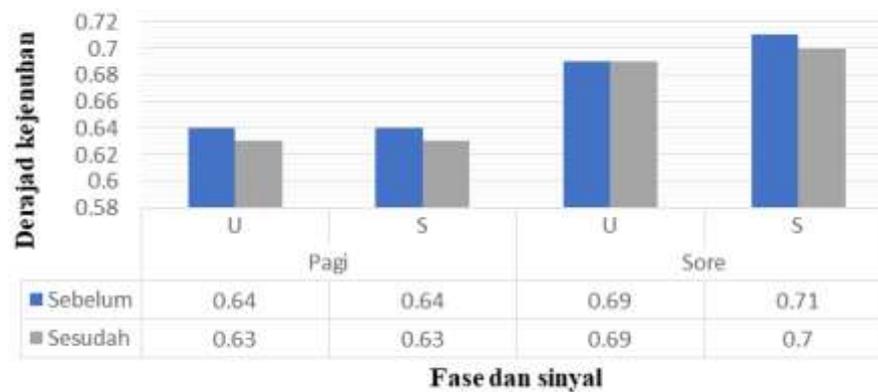
Tabel 2. Perubahan Waktu Fase

Kode Pendekat	Waktu Hijau (Detik)	Waktu Merah (Detik)	Waktu Kuning (Detik)
U (Jl. Perintis Kemerdekaan arah kota)	50	110	3
S (Jl. Perintis Kemerdekaan arah daya)	45	60	3

Perbandingan kapasitas dan derajat kejenuhan simpang setelah dilakukan perbaikan fase dan sinyal dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini. Setelah perubahan fase dan waktu sinyal pada simpang, hari sabtu terjadi peningkatan derajat kejenuhan namun masih pada kategori C. Perbandingan nilai derajat kejenuhan setelah perunahan fase dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 3. Nilai Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Sebelum dan Sesudah Perubahan Hari Sabtu

Jam Puncak	Kode Pendekat	Sebelum		Sesudah	
		Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Kapasitas	Derajat Kejenuhan
Pagi	U	4412,7	0,5	3370,6	0,62
	S	4121,8	0,5	3148,4	0,62
Sore	U	5204,9	0,5	3975,7	0,62



Gambar 5. Perbandingan Derajat Kejenuhan Kondisi Eksisting dan Kondisi Perubahan Fase

KESIMPULAN

1. Nilai arus jenuh pada masing – masing pendekat pada hari senin yaitu pendekat arah utara bernilai 8,745,7 skr/jam, arah selatan bernilai 9,439,8 skr/jam. Pada hari rabu arah utara bernilai 8.745,7 skr/jam, arah selatan bernilai 8.994,56 skr/jam. Dan hari sabtu arah utara bernilai 8.759,5 skr/jam, arah selatan bernilai 9.103,4 skr/jam.
2. Kapasitas yang terjadi pada senin disetiap lengan untuk pendekat arah bernilai 4.009,1 skr/jam, arah selatan bernilai 4.747,8 skr/jam. Sedangkan hari rabu kapasitas arah utara bernilai 3.621,1 skr/jam, arah selatan bernilai 3.577 skr/jam. Dan hari sabtu kapasitas arah utara bernilai 5.204,9 skr/jam, arah selatan bernilai 8.707,6 skr/jam.
3. Nilai derajat kejenuhan hari senin pada pagi hari disetiap pendekat sebesar 0,64 dan sore hari pada pendekat utara nilai derajat kejenuhan sebesar 0,71 sedangkan pendekat selatan sebesar 0,69. Hari rabu nilai derajat kejenuhan disetiap pendekat sebesar 0,59 dan pada sore hari disetiap pendekat sebesar 0,59. Hari sabtu nilai derajat kejenuhan setiap pendekat sebesar 0,48 dan pada sore hari disetiap pendekat nilai derajat kejenuhan sebesar 0,48.
4. Nilai derajat kejenuhan untuk perubahan fase pada setiap pendekat hari Senin pagi 0,63 dan sore hari pada pendekat Utara 0,68 sedangkan pendekat Selatan 0,70. Hari Rabu nilai derajat kejenuhan pada setiap pendekat pagi dan sore sebesar 0,59. Sedangkan hari Sabtu nilai derajat kejenuhan pada setiap pendekat pagi dan sore sebesar 0,62.
5. Nilai kapasitas simpang berpengaruh sebesar 94,2% terhadap peningkatan nilai derajat kejenuhan yang berarti penurunan kinerja simpang. Sedangkan 5,8% dipengaruhi faktor hambatan samping, kendaraan parkir, gradien dan ukuran kota.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. J. Wikrama, "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak)," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 15, no. 1, pp. 58-71, 2011. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/view/3611>
- [2] O. F. Suryaningsih, Hermansyah and E. Kurniati, "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin – Jalan Kamboja, Sumbawa Besar)," *INERSIA*, vol. 16, no. 1, pp. 74-84, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21831/inersia.v16i1.31317>
- [3] R. W. A. P, N. Herlina and A. K. Hidayat, "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mitra Batik Kota Tasikmalaya)," *AKSELERASI*, vol. 1, no. 1, pp. 1-8, 2019. DOI: <https://doi.org/10.37058/aks.v1i1.829>
- [4] N. Mardia and N. Widyaningsih, "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Dan Ruas Jalan (Studi Kasus: Simpang Dan Ruas Jl. Panjang Yang Terhubung Dengan Jl. Kedoya Duri Dan Jl. Duri Raya)," *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, vol. 4, no. 2, pp. 154-164, 2019. DOI: <https://doi.org/10.52447/jkts.v4i2.1539>
- [5] N. Paramarto, P. Hartono, Ismiyati and B. H. Setiadji, "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Dengan Menggunakan Program Synchro (Studi Kasus Pada Simpang Jl. Majapahit – Jl. Fatmawati Dan Jl. Majapahit – Jl. Soekarno Hatta, Semarang)," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 485-497, 2014. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/5241/5046>
- [6] A. Budiman, D. E. Intari and D. Mulyawati, "Analisa Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Boru Kota Serang," *Jurnal Fondasi*, vol. 5, no. 2, pp. 1-11, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.36055/jft.v5i2.1252>
- [7] M. D. M. Pratama and Elkhasnet, "Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan A.H. Nasution Dan Jalan Cikadut, Kota Bandung," *RekaRacana*, vol. 5, no. 2, pp. 116-123, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i2.115>
- [8] Y. T. Astuti, Akhmadali and E. T. Mukti, "Analisa Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Jalan H. Rais A. Rahman – Jalan Re . Martadinata – Jalan Hm. Suwignyo)," *Jelast*, vol. 8, no. 1, pp. 1-7, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.26418/jelast.v8i1.45604>
- [9] F. Sholahudin and A. R. H., "Analisis Simpang Bersinyal Pada Simpang 4 Jl. Siliwangi Kota Tasikmalaya," *Ge-STRAM*, vol. 3, no. 2, pp. 70-75, 2020. <https://doi.org/10.25139/jprs.v3i2.2777>
- [10] T. R. Putri and B. H. Susilo, "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Setia Darma 2 – Inspeksi Kalimalang, Bekasi," *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, vol. 3, no. 1, pp. 527-536, 2021. DOI: <https://doi.org/10.25105/psia.v3i1.13101>
- [11] R. Rachman dan Alpius, "Level of Service Teman Bus for Implementation of Smart Mobility in Makassar City, Indonesia," vol. 12, no. 1, hlm. 29–35, 2023, doi: <https://doi:10.15680/IJIRSET.2023.1201004>.
- [12] S. T. Londah, R. Rachman, dan H. W. Tanje, "Analisis Jarak Tempuh Perjalanan Penduduk Pada Kompleks Perumahan Citra Sudiang Indah Makassar," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 4, no. 3, Art. no. 3, 2022, doi: <https://doi.org/10.52722/pcej.v4i3.531>.
- [13] R. Setiawan, R. Rachman, dan L. E. Radjawane, "Analisis Bangkitan Perjalanan Penduduk Pada Kompleks Perumahan Citra Sudiang Indah Makassar," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 4, no. 3, Art. no. 3, Nov 2022, doi: <https://doi.org/10.52722/pcej.v4i3.527>