

kkw
by Turnitin

Submission date: 29-Jul-2025 06:03AM (UTC+0300)

Submission ID: 2722205924

File name: eLHJqRm38Y8XCrIMD98.pdf (8.1M)

Word count: 23486

Character count: 137177

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Malang merupakan kota terbesar kedua di Provinsi Jawa Timur setelah Kota Surabaya dengan luas 14.528 Ha meliputi 5 kecamatan dan 57 kelurahan (Ramadhini & Yusuf, 2023). Kota Malang merupakan pusat perdagangan, pendidikan, industri, dan pariwisata. Dengan banyaknya pusat pendidikan berupa universitas tentunya menjadikan Kota Malang semakin padat dengan masuknya mahasiswa dari berbagai daerah. Menurut Badan Pusat Statistik, Kota Malang memiliki jumlah penduduk sebanyak 847.182 jiwa pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2024). Dengan populasi yang terus berkembang, Kota Malang menjadi salah satu kota terpadat di Indonesia. Tercatat dari tahun 2020 ke 2023 terjadi pertumbuhan penduduk sebesar 0,2%. Pertumbuhan dan padatnya aktivitas penduduk ini membawa berbagai tantangan, termasuk masalah transportasi yang kompleks, salah satunya masalah kemacetan.

Kemacetan adalah keadaan dimana arus lalu lintas pada suatu ruas jalan melebihi dari kapasitas yang telah direncanakan, sehingga menyebabkan kecepatan bebas mendekati 0 km/jam dan terjadi antrean yang mengular panjang yang biasanya disebabkan oleh kendaraan yang bergerak lambat. (Aswal dkk., 2024). Seiring perkembangan tata guna lahan sebuah wilayah maka aktivitas transportasi juga semakin meningkat dan jika tidak diantisipasi dengan baik akan timbul permasalahan di bidang transportasi khususnya kemacetan (Rachman dkk., 2020). Tata guna lahan adalah rangkaian kegiatan penataan, pengaturan, peruntukan, penggunaan tanah secara berencana untuk kegiatan manusia berdasarkan aturan dan sistem yang berlaku (Rachman dkk., 2020). Keberadaan simpang juga dapat berpengaruh kepada kemacetan lalu lintas. Kendaraan terkadang selalu berhenti pada tiap simpang karena selalu mendapat sinyal merah dan panjang antrian akibat dari sinyal merah ini dapat menyebabkan kemacetan

(Niswaturrofifah dkk., 2023). Sebagaimana yang terjadi di Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur.

¹⁰ Persimpangan merupakan daerah bertemunya dua atau lebih ruas jalan dimana daerah tersebut adalah daerah rawan terjadinya konflik lalu lintas (Niswaturrofifah dkk., 2023). Keberadaan Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur sering menimbulkan kemacetan lalu lintas, dikarenakan tingginya volume dari jalan kolektor bertemu dengan jalan arteri yang juga memiliki volume yang tinggi. Apalagi dengan posisi kedua simpang yang berdekatan tentunya ⁷ dua simpang ini memiliki dampak antara satu simpang dengan simpang lainnya. Jarak yang pendek di tiap simpang dapat membuat kendaraan akan terhenti pada setiap simpang yang mengakibatkan keamanan, kenyamanan, serta ⁷ kejenuhan dalam berkendara (Patrias & Lulie, 2021). Terlihat juga berdasarkan pengamatan penulis, panjang antrian pada simpang memiliki Panjang yang cukup Panjang dari simpang mencapai di angka 200 meter. Optimalisasi pada Kawasan Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur perlu dilakukan untuk meningkatkan kinerjanya. Optimalisasi simpang merupakan upaya untuk mengoptimalkan suatu simpang agar kinerja pelayanan pada simpang menjadi lebih baik dengan melakukan perubahan waktu hijau, waktu siklus, dan pengaturan fase (Cahya P. P dkk., 2024). Penentuan pengaturan simpang dan tipe fase dapat berakibat pada kinerja lalu lintas serta dapat meningkatkan keselamatan pengguna jalan.

Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur diketahui sudah memiliki sistem koordinasi dalam waktu siklusnya menurut keterangan dari Dinas Perhubungan. Hal ini dilakukan agar dapat mengurangi tundaan dan Panjang antrian disana. ⁶ Koordinasi sinyal lalu lintas perlu dilakukan karena merupakan salah satu cara yang paling efektif dan strategi sukses dalam mengatasi masalah kemacetan ⁵⁵ (Ikhwan dkk., 2014). Simpang bersinyal yang mempunyai jarak yang cukup dekat, diperlukan koordinasi sinyal sehingga kendaraan dapat bergerak secara efisien melalui kumpulan sinyal-sinyal tersebut (Niswaturrofifah dkk., 2023). Akan tetapi pada saat ini walaupun sudah dikoordinasikan menurut keterangan dari Dinas Perhubungan, panjang antrian dari Simpang L.A Sucipto

dan Simpang Borobudur masih cukup panjang dimana ini disebabkan oleh volume lalu lintas yang tinggi dan pengaturan waktu siklus yang kurang efisien. Waktu siklus yang terlalu lama menyebabkan kendaraan di suatu pendekat menumpuk sehingga menyebabkan antrian yang panjang dan waktu tunggu yang berlebihan. Hal ini mulai terlihat pada simpang tersebut. Terlihat bahwa pada jam sibuk, antrean dapat menumpuk di tiap pendekat menunggu waktu hijau untuk masuk ke simpang. Terlihat juga bahwa pengemudi telah terbiasa mengantri melebihi dari batas *stopline* yang telah ditentukan. Tata guna lahan yang didominasi oleh pertokoan juga bisa berdampak terhadap kondisi tersebut. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaturan lalu lintas yang dapat diterapkan di simpang ini.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penulis memilih Simpang Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur sebagai studi kasus untuk dilakukan pengkajian guna memperbaiki permasalahan yang timbul agar tercipta lalu lintas yang lancar pada simpang ini. Usulan rekomendasi nantinya akan dimodelkan melalui mikrosimulasi agar dapat diketahui bagaimana kondisi eksisting dan kondisi setelah pemberian skenario perbaikan. Diketahui juga pada Kawasan Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur merupakan lokasi rawan kecelakaan dengan kejadian 11 Laka selama tahun 2020 sampai tahun 2024 menurut data dari Polresta Malang. Perlu diadakan pengaturan ulang pada simpang untuk meningkatkan keselamatan pengguna jalan. Sehubungan dengan hal tersebut maka penulis menetapkan simpang ini menjadi studi kasus pengajuan **kertas kerja wajib** dengan judul **“OPTIMALISASI KINERJA LALU LINTAS PADA SIMPANG L.A SUCIPTO DAN SIMPANG BOROBUDUR BERBASIS PKJI 2023 DAN MIKROSIMULASI”**. Dari penelitian ini diharapkan nantinya rekomendasi yang ditemukan dapat dipertimbangkan dan bisa berguna bagi masyarakat luas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan adanya identifikasi masalah yang ditemukan, maka terdapat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja eksisting pada Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur berdasarkan Mikrosimulasi?
2. Bagaimana tingkat pelayanan pada Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur berdasarkan PM 96 Tahun 2015?
3. Bagaimana Rekayasa Lalu Lintas yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur dengan Mikrosimulasi?
4. Bagaimana Rekayasa Lalu Lintas yang paling optimal yang dapat diterapkan Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kinerja eksisting pada Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur berdasarkan Mikrosimulasi.
2. Mengetahui tingkat pelayanan pada Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur berdasarkan PM 96 Tahun 2015
3. Mengetahui Rekayasa Lalu Lintas yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur dengan Mikrosimulasi.
4. Mengetahui Rekayasa Lalu Lintas yang paling optimal yang dapat diterapkan Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Bagi instansi: untuk bahan pertimbangan dalam meningkatkan kinerja kawasan Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur.
2. Bagi masyarakat: mampu memberikan nilai positif dengan memberikan kinerja lalu lintas yang optimal.
3. Bagi peneliti: untuk menambah ilmu pengetahuan dan juga pengalaman, serta sebagai syarat kelulusan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang yang diterapkan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Analisis kinerja berfokus pada Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur. Dimana pada Simpang L.A, **pendekat Utara dan Selatan** merupakan **Jalan Ahmad Yani** dan **pendekat Timur** terdapat Jalan L.A Sucipto. Pada Simpang Borobudur, **pendekat Utara dan Selatan** merupakan **Jalan Ahmad Yani** dengan tipe jalan serta pendekat sebelah Barat terdapat Jalan Borobudur.
2. Analisis kinerja pada simpang menggunakan PKJI 2023 untuk membantu penentuan waktu hijau dan waktu siklus optimum dan simulasi menggunakan Mikrosimulasi berupa aplikasi PTV Vissim.
3. Analisis difokuskan saat jam sibuk dalam satu hari.
4. Parameter penelitian difokuskan pada pengukuran kinerja lalu lintas yang ditinjau melalui indikator tundaan dan panjang antrean kendaraan pada Mikrosimulasi.
5. Penelitian ini hanya berfokus terhadap lalu lintas di lokasi kajian

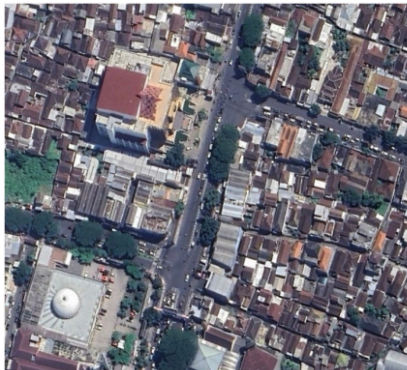
BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1 Kondisi Wilayah

Kota Malang mempunyai luas 14.528 Ha yang meliputi 5 kecamatan dan 57 kelurahan. Kota Malang merupakan pusat perdagangan, pendidikan, industri, dan pariwisata. Dengan banyaknya pusat pendidikan berupa universitas tentunya menjadikan Kota Malang semakin padat dengan masuknya mahasiswa dari berbagai daerah. Menurut Badan Pusat Statistik, Kota Malang memiliki jumlah penduduk sebanyak 847.182 jiwa pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2024).

Dikarenakan jumlah penduduk yang besar dan banyaknya kegiatan seperti Pendidikan maupun industri, hal ini akan berpengaruh ke jaringan jalan. Mobilitas masyarakat yang tinggi di Kota Malang tentunya harus didukung oleh jalan yang memadai termasuk pengaturan persimpangan yang merupakan pertemuan dua jalan atau lebih yang efektif. Diketahui berdasarkan kondisi eksisting di Kota Malang memiliki 39 titik persimpangan yang dilengkapi Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Dimana penelitian ini berfokus ke salah satu titik Simpang APILL di Kota Malang yaitu pada Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur.



(Sumber : Google Earth)

Gambar 1. Tampak Atas Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur

Penelitian ini dilakukan pada Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur, yang terdapat pada Kelurahan Blimbing, Kecamatan Blimbing, Kota Malang. Diketahui arus dominan terdapat di jalan mayor yaitu Jalan Ahmad Yani yang menghubungkan dari utara ke selatan dan sebaliknya. Pada Simpang L.A Sucipto terdapat 3 pendekat, yaitu pada pendekat sebelah Utara dan Selatan, serta pendekat sebelah Timur Pada Simpang Borobudur terdapat 3 pendekat, yaitu pada pendekat sebelah Utara dan Selatan, serta pendekat sebelah Barat.

2.2 Kondisi Objek

Pada Simpang L.A Sucipto terdapat 3 pendekat, yaitu pada pendekat sebelah Utara dan Selatan merupakan Jalan Ahmad Yani dengan tipe jalan 4/2 T, serta pendekat sebelah Timur terdapat Jalan L.A Sucipto yang memiliki tipe jalan 4/2 TT. Untuk Simpang Borobudur terdapat 3 pendekat, yaitu pada pendekat sebelah Utara dan Selatan merupakan Jalan Ahmad Yani dengan tipe jalan 4/2 T, serta pendekat sebelah Barat terdapat Jalan Borobudur yang memiliki tipe jalan 4/2 T. Geometri Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur ini memiliki karakteristik pada setiap lengannya. Berikut merupakan visualisasi 6 pendekat dari Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur, yaitu terdiri dari :

1. Pendekat Utara Simpang L.A Sucipto

Pendekat Utara Simpang L.A Sucipto memiliki tipe jalan 4/2 T, yaitu empat lajur dengan dua arah dengan median. Jalan A. Yani berfungsi sebagai jalan arteri. Kondisi tata guna lahan di lengan ini berupa pertokoan.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 2. Visualisasi Pendekat Utara Simpang L.A Sucipto

2. Pendekat Selatan Simpang L.A Sucipto

Pendekat Selatan Simpang L.A Sucipto memiliki tipe jalan 4/2 T, yaitu empat lajur dengan dua arah dengan median. Jalan A. Yani berfungsi sebagai jalan arteri. Kondisi tata guna lahan di lengan ini berupa pertokoan dan terdapat akses keluar masuk ke Malang *Creative Center* (MCC).



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 3. Visualisasi Pendekat Selatan Simpang L.A Sucipto

3. Pendekat Timur Simpang L.A Sucipto

Pendekat Timur Simpang L.A Sucipto memiliki tipe jalan 4/2 TT, yaitu empat lajur dengan dua arah tanpa median. Jalan L.A Sucipto berfungsi sebagai jalan kolektor. Kondisi tata guna lahan di lengan ini berupa pertokoan.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 4. Visualisasi Pendekat Timur Simpang L.A Sucipto

4. Pendekat Barat Simpang Borobudur

Pendekat Barat Simpang Borobudur memiliki tipe jalan 4/2 T, yaitu empat lajur dengan dua arah dengan median. Jalan Borobudur berfungsi sebagai

jalan kolektor. Kondisi ¹ tata guna lahan di lengan ini berupa pertokoan dan tempat ibadah.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 5. Visualisasi Pendekat Barat Simpang Borobudur

5. Pendekat Selatan Simpang Borobudur

Pendekat Selatan Simpang Borobudur memiliki ² tipe jalan 4/2 T, yaitu empat lajur dengan dua arah dengan median. Jalan A. Yani berstatus sebagai jalan arteri. Kondisi tata guna lahan di lengan ini berupa pertokoan, tempat ibadah, dan sekolah.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 6. Visualisasi Pendekat Selatan Simpang Borobudur

6. Pendekat Utara Simpang Borobudur

Pendekat Utara Simpang Borobudur memiliki ² tipe jalan 4/2 T, yaitu empat lajur dengan ¹ dua arah dengan median. Jalan A. Yani berstatus sebagai jalan arteri. Kondisi tata guna lahan di lengan ini berupa pertokoan dan terdapat akses keluar masuk ke Malang *Creative Center* (MCC).



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 7. Visualisasi Pendekat Utara Simpang Borobudur

Diketahui juga pada Kawasan Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur merupakan lokasi rawan kecelakaan dengan kejadian 11 Laka selama tahun 2020 sampai tahun 2024 menurut data dari Polresta Malang Kecelakaan didominasi pengendara sepeda motor yang secara statistik merupakan kelompok paling rentan terhadap kecelakaan lalu lintas. Tingginya angka kecelakaan ini mengindikasikan adanya potensi bahaya yang perlu segera ditangani.

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Manajemen Rekayasa Lalu Lintas

Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas merupakan suatu serangkaian usaha dan kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan, pengaturan, dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan dalam rangka mewujudkan, mendukung, dan memelihara keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22, 2009). Manajemen rekayasa lalu lintas bertujuan untuk menciptakan sistem jaringan jalan dan arus lalu lintas yang mampu menjamin aspek keamanan, keselamatan, ketertiban, serta kelancaran lalu lintas dan transportasi jalan, yang dapat dicapai melalui berbagai upaya pengaturan dan pengendalian berupa :

1. Menentukan kebijakan terkait pemanfaatan jaringan jalan.
2. Mengatur pergerakan lalu lintas pada ruas jalan tertentu melalui kebijakan yang ditetapkan.
3. Mengoptimalkan rekayasa lalu lintas guna meningkatkan ketertiban, kelancaran, serta efektivitas dalam penegakan hukum

3.2 Jaringan Jalan

Jaringan jalan adalah satu kesatuan jaringan yang terdiri atas sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarkis (Peraturan Pemerintah Nomor 32, 2011). Dalam sistem ini, ruas jalan berfungsi sebagai penghubung antarwilayah, sementara simpang menjadi titik pertemuan bagi dua atau lebih ruas jalan yang memiliki peran penting dalam mengatur arus lalu lintas. Hubungan antara ruas jalan dan simpang berpengaruh signifikan terhadap performa jaringan jalan secara keseluruhan, baik dalam hal kelancaran, daya tampung, maupun aspek keselamatan berkendara.

3.2.1 Ruas Jalan

Ruas jalan adalah jalan dengan panjang tertentu yang ditetapkan oleh penyelenggara jalan sebagai penggalan jalan menerus yang harus dikelola oleh manajer jalan dan bernomor (Bina Marga, 2023). Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas (Nabawi dkk., 2021). Ruas jalan merupakan bagian dari suatu jaringan jalan yang memiliki panjang tertentu dan ditetapkan oleh penyelenggara jalan sebagai segmen jalan yang berkesinambungan. Ruas jalan ini harus dikelola secara sistematis untuk memastikan kelancaran lalu lintas, pemeliharaan infrastruktur, serta keselamatan pengguna jalan.

3.2.2 Persimpangan

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari semua sistem jalan. Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai daerah umum di mana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu-lintas di dalamnya (Iryanti, 2021). Persimpangan harus dimanfaatkan bersama-sama oleh setiap orang yang ingin menggunakannya sehingga persimpangan tersebut harus dirancang dengan hati-hati, dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi, dan kapasitas (Iryanti, 2021).

1. Simpang menurut Jenisnya

Secara umum menurut Pedoman Perencanaan Teknis Geometri Simpang (Bina Marga, 2024), terdapat 2 jenis persimpangan yaitu :

a. Persimpangan sebidang.

Persimpangan sebidang merupakan titik pertemuan antara beberapa ruas jalan atau ujung jalan yang mengarahkan arus lalu lintas ke satu jalur di mana pergerakan kendaraan dapat saling berlawanan arah dengan arus lalu lintas lainnya.

b. Persimpangan tak sebidang

Simpang tak Sebidang (STS) merupakan jenis simpang yang dirancang untuk volume lalu lintas tinggi, di mana keberadaannya hanya

memberikan sedikit dampak terhadap arus lalu lintas yang melintas langsung. STS memiliki sistem pengendalian akses secara penuh, sehingga cocok dipertimbangkan dalam perencanaan jalan dengan kecepatan rencana tinggi (≥ 80 km/jam), dan direkomendasikan untuk persimpangan jalan yang memiliki empat lajur atau lebih yang berfungsi sebagai jalur menerus. Persimpangan tak sebidang, sebaiknya memisah-misahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda sedemikian rupa sehingga persimpangan jalur dari kendaraan-kendaraan hanya terjadi pada tempat dimana kendaraan-kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu lajur gerak yang sama (Robby dkk., 2019). Pada simpang ini diperlukan gerakan membelok yang tidak saling berpotongan, sehingga dibutuhkan tikungan dengan radius besar yang kompleks dan memerlukan biaya tinggi. Persimpangan tidak sebidang juga memerlukan area yang luas, serta desain dan penempatannya sangat bergantung pada kondisi topografi setempat.

2. Simpang menurut Jenisnya

Simpang menurut pengaturannya dibagi menjadi dua (Morlok dalam Widodo dkk., 2018). Adapun pembagiannya sebagai berikut :

a. Simpang tidak menggunakan sinyal

Simpang ini termasuk jenis simpang tanpa pengaturan sinyal lalu lintas. Pada percabangan jalan tersebut, pengemudi kendaraan memilih jalur yang dianggap paling aman dan nyaman untuk dilintasi.

b. Simpang menggunakan sinyal

Simpang ini adalah simpang yang pengaturannya menggunakan sinyal lalu lintas, sehingga pengguna jalan hanya diperbolehkan melintas saat lampu lalu lintas menunjukkan warna hijau. Simpang lalu lintas bersinyal dibagi menjadi dua jenis, yakni sistem APILL parsial dan sistem APILL terkoordinasi. Koordinasi sinyal antar simpang diperlukan untuk mengoptimalkan kapasitas jaringan jalan karena dengan adanya koordinasi sinyal ini diharapkan tundaan (*delay*) yang

dialami kendaraan dapat berkurang dan menghindarkan antrean kendaraan yang panjang. (Widodo dkk., 2018).

3.3 Kinerja Lalu Lintas

3.3.1 Ruas Jalan

Berdasarkan PKJI 2023, indikator untuk mengukur kinerja ruas jalan yaitu Kapasitas Jalan, Derajat Kecepatan, dan Kecepatan ruas.

1. Kapasitas Jalan

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK} \quad (3.1)$$

(Sumber: PKJI, 2023)

Keterangan:

C : Kapasitas

C_0 : Kapasitas dasar kondisi segmen jalan yang ideal (smp/jam)

FC_{LJ} : faktor koreksi kapasitas akibat perbedaan lebar lajur

FC_{PA} : faktor koreksi kapasitas akibat Pemisahan Arah lalu lintas (PA)

FC_{HS} : faktor koreksi kapasitas akibat kondisi KHS

FC_{UK} : faktor koreksi kapasitas akibat ukuran kota

2. Derajat Kejenuhan

$$D_j = \frac{q}{C} \quad (3.2)$$

(Sumber: PKJI, 2023)

Keterangan:

D_j : Derajat Kejenuhan

q : Arus Total (smp/jam)

C : Kapasitas Simpang (smp/jam)

3.3.2 Simpang

Berdasarkan PKJI 2023, indikator untuk mengukur kinerja simpang yaitu Arus Jenuh, Kapasitas Simpang, Derajat Kejenuhan, Jumlah Antrian, Panjang Antrian, Rasio Kendaraan Henti, dan Tundaan

6

1. Arus Jenuh

Arus jenuh diperoleh dari hasil perkalian antara arus jenuh dasar (J_0) dengan faktor koreksi yang menyesuaikan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal. Nilai J_0 sendiri merupakan arus yang terjadi pada situasi lalu lintas dan geometri jalan yang ideal. Besarnya arus jenuh (J) dapat dihitung menggunakan suatu rumus berikut :

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKl} \times F_{BKk} \quad (3.3)$$

(Sumber: PKJI, 2023)

Keterangan:

- J : Arus jenuh (smp/jam)
 J_0 : Arus jenuh dasar
 F_{HS} : Faktor koreksi hambatan samping lingkungan jalan
 F_{UK} : Faktor koreksi ukuran kota
 F_G : Faktor koreksi kelandaian memanjang pendekat
 F_P : Faktor koreksi akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama.
 F_{BKl} : Faktor koreksi akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri dengan ketentuan tertentu.
 F_{BKk} : Faktor koreksi akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan dengan ketentuan tertentu

a. Arus Jenuh Dasar (J_0)

Arus jenuh dasar merupakan nilai keberangkatan ketika antrian berada pada pendekat dalam kondisi normal. Berikut perhitungan arus jenuh dasar untuk pendekat terlindung :

$$J_0 = 600 \times L_E \quad (3.4)$$

(Sumber: PKJI, 2023)

Keterangan:

- J_0 : arus jenuh dasar (SMP/jam)
 L_E : lebar masuk suatu pendekat (m)
 Arus jenuh dasar untuk pendekat dengan tipe arah berlawanan dapat ditentukan melalui grafik yang menunjukkan hubungan antara arus kendaraan yang melakukan belok kanan (L_E , Q_{BKk} dan J_0).

b. Arus Jenuh yang Telah Disesuaikan

Perhitungan ini dilakukan ketika suatu pendekatan memiliki isyarat hijau melebihi satu fase yang arus jenuhnya telah diketahui terpisah, maka nilai arus jenuh gabungan wajib dihitung secara proporsional terhadap waktu hijau tiap-tiap fase. Berikut persamaannya :

$$J_{1+2} = \frac{J_1 \times W_{H1} + J_2 \times W_{H2}}{W_{H1} + W_{H2}} \quad (3.5)$$

(Sumber: PKJI, 2023)

Keterangan:

J : Arus jenuh

W_H: Waktu Hijau

c. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK})

Faktor penyesuaian ukuran kota adalah koreksi yang diterapkan pada kapasitas dasar sebagai akibat dari ukuran kota. Nilai faktor penyesuaian ukuran kota dapat ditemukan dalam tabel berikut:

Tabel 3. 1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK})

Ukuran Kota	Penduduk (Juta)	Faktor Koreksi Ukuran Kota
Sangat Kecil	≤ 0,1	0.82
Kecil	0,1 - 0,5	0.83
Sedang	0,5 - 1,0	0.94
Besar	1,0 - 3,0	1.00
Sangat Besar	> 3,0	1.05

(Sumber : PKJI, 2023)

d. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{HS})

Lingkungan jalan diklasifikasikan ke dalam kelas berdasarkan tata guna lahan dan aksesibilitas jalannya. Dalam penentuannya dilakukan secara kualitatif dari pertimbangan teknik lalu lintas sebagai berikut

Tabel 3. 2 Tipe Lingkungan Jalan

Kelas tipe lingkungan jalan	Kondisi lingkungan jalan
Komersial	Guna lahan komersial (misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Perumahan	Guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Akses Terbatas	Tanpa jalan masuk atau jalan masuk langsung

Kelas tipe lingkungan jalan	14	Kondisi lingkungan jalan
		terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping dan sebagainya).

(Sumber : PKJI, 2023)

5
Tabel 3. 3 Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kriteria
Tinggi	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar bagian jalinan terganggu dan berkurang akibat aktivitas samping jalan di sepanjang pendekatan. Contoh adanya aktivitas naik turun penumpang atau ngetem angkutan umum, pejalan kaki dan atau pedagang kaki lima di sepanjang atau melintas pendekatan, kendaraan keluar/masuk samping pendekatan
Sedang	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar bagian jalinan sedikit terganggu dan sedikit berkurang akibat aktivitas samping jalan di sepanjang pendekatan
Rendah	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar bagian jalinan tidak terganggu dan tidak berkurang oleh hambatan samping

(Sumber : PKJI, 2023)

Berikut merupakan tabel faktor penyesuaian hambatan samping:

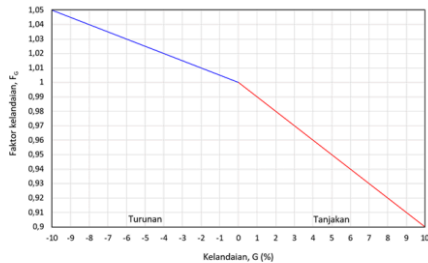
4
Tabel 3. 4 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{HS})

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,85	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,75	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,76	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,87	0,87	0,83
Perumahan	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,78	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,86	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,79	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,87	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,80	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,88	0,88	0,86
Akses Terbatas	Tinggi/ Sedang/ Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,80	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,90	0,90	0,88

(Sumber : PKJI, 2023)

e. Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

Faktor koreksi kelandaian, jika semakin besar, akan meningkatkan tundaan dan antrian di simpang tersebut. Penentuan nilai faktor kelandaian dapat digunakan grafik berikut:



(Sumber : PKJI 2023)

Gambar 8. Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

f. Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)

Faktor penyesuaian parkir (F_P) adalah sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai ke kendaraan yang diparkir pertama pada lajur pendekat. Faktor penyesuaian parkir dihitung dengan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut

$$F_p = \frac{\left[\frac{L_p}{3} - (W_A - 2) \times \frac{\left(\frac{L_p}{3} - g \right)}{W_A} \right]}{g} \quad (3.6)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan:

L_P : Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m) atau panjang dari lajur pendek

W_A : Lebar pendekat (m)

G : Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 det).

g. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{BKA})

Faktor penyesuaian belok kanan adalah faktor yang memperhitungkan peningkatan rasio belok kanan (R_{BKA}) yang tinggi pada arus jenuh.

Faktor tersebut hanya diperhitungkan bagi pendekat dengan tipe P (terlindung), yang memiliki median, serta jalan dua arah. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKA}) dihitung menggunakan rumus

$$F_{BKA} = 1 + (R_{BKA} \times 0,26) \quad (3.7)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan:

R_{BKA} : Rasio kendaraan berbelok kanan pada pendekat yang ditinjau

h. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BKI})

Pada pendekat terlindung dimana tidak ada izin untuk belok kiri, kendaraan yang ingin belok kiri biasanya harus melambat, yang dapat mengurangi arus jenuh pada pendekat tersebut. Oleh karena itu, penting untuk menghitung faktor penyesuaian belok kiri. Faktor ini hanya diperhitungkan untuk pendekat tipe P (terlindung) yang tidak memiliki lajur belok kiri jalan terus atau *left turn on red* (LTOR). Faktor penyesuaian belok kiri (F_{BKI}) dihitung menggunakan rumus :

$$F_{BKI} = 1 - (R_{BKI} \times 0,16) \quad (3.8)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan:

R_{BKI} : Rasio kendaraan berbelok kiri pada pendekat yang ditinjau

2. Rasio Arus

Rasio arus tiap-tiap pendekat dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut:

$$R_{Q/J} = \frac{Q}{J} \quad (3.9)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan:

$R_{Q/J}$: Rasio arus masing-masing pendekat

Q : Arus lalu lintas (smp/jam)

J : Arus jenuh

3. Rasio Arus Simpang

Rasio arus simpang dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$R_{AS} = \sum i (R_{q/j \text{ kritis}})^i \quad (3.10)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan :

R_{AS} : Rasio arus simpang.

$R_{q/j \text{ kritis}}$: Rasio arus tertinggi tiap-tiap fase

4. Rasio Fase (R_F)

Rasio fase merupakan perbandingan antara arus simpang pada setiap fase dengan total arus simpang secara keseluruhan. Perhitungan rasio fase dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$R_F = \frac{R_{q/j \text{ kritis}}}{R_{AS}} \quad (3.11)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan :

R_F : rasio fase

R_{AS} : rasio arus simpang

$R_{q/j \text{ kritis}}$: rasio arus tertinggi tiap-tiap fase

5. Waktu Siklus

Waktu siklus yang layak berdasarkan PKJI 2023 yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.5 Waktu siklus yang layak

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (det)
Pengaturan 2 fase	40 - 80
Pengaturan 3 fase	50 - 100
Pengaturan 4 fase	80-130

(Sumber : PKJI, 2023)

Waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut:

$$s = (1,5 \times W_{HH} + 5) / (1 - \sum R_{q/j \text{ kritis}}) \quad (3.12)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan :

S : Waktu siklus sebelum penyesuaian

W_{HH} : Waktu hilang total per siklus (det)

$R_{q/j \text{ kritis}}$: Rasio arus simpang tertinggi

$\sum R_{q/j \text{ kritis}}$: Rasio arus simpang pada siklus tersebut

6. Waktu Hijau

Waktu Hijau (WH) dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$W_{hi} = (s \times W_{hb}) \times \frac{R_{q/j \text{ kritis}}}{\sum_j (R_{q/j \text{ kritis}})_j} \quad (3.13)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan :

S : waktu siklus sebelum penyesuaian

W_{HI} : waktu hijau (det)

W_{HH} : waktu hilang total per siklus (det)

$R_{q/j \text{ kritis}}$: rasio arus simpang tertinggi

$\sum R_{q/j \text{ kritis}}$: rasio arus simpang pada siklus tersebut

Waktu antar hijau dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 3. 6 Waktu antar hijau

Ukuran Simpang	Lebar jalan rata rata (m)	Nilai Normal WAH
Kecil	6 sampai kurang dari 10	4
Sedang	10 sampai kurang dari 15	5
Besar	lebih dari atau sama dengan 15	≥ 6

(Sumber : PKJI, 2023)

7. Kapasitas Simpang

Kapasitas untuk setiap pendekatan dilakukan secara terpisah. Satu lengan simpang APILL dapat terdiri dari 1 (satu) pendekatan atau lebih menjadi 2 (dua). Kapasitas Simpang Bersinyal dihitung menggunakan persamaan :

$$C = J \times \frac{WH}{s} \quad (3.14)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan:

C : Kapasitas Simpang APILL, dalam SMP/jam.

J : Arus jenuh, dalam SMP/jam.

W_H : Total waktu hijau dalam satu siklus (detik).

s : Waktu siklus, (detik)

8. Waktu Merah Semua

Waktu merah semua diperlukan guna memastikan area konflik di simpang yang dikendalikan oleh APILL benar-benar kosong pada akhir setiap fase sinyal. Untuk menghitung waktu merah semua ini, dibutuhkan data

geometrik berupa jarak (dalam satuan meter) dari titik konflik ke garis henti (*stopline*) bagi kendaraan yang melaju, kendaraan dari arah berlawanan, serta pergerakan pejalan kaki.

$$W_{MS} = \frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}} \quad (3.15)$$

(Sumber: PKJI, 2023)

Keterangan:

- W_{MS} : Waktu merah semua
- L_{KBR} : Jarak kendaraan berangkat
- P_{KBR} : Panjang kendaraan berangkat
- V_{KBR} : Kecepatan kendaraan berangkat
- L_{KDT} : Jarak kendaraan datang
- V_{KDT} : Kecepatan kendaraan datang

9. Waktu Hijau Hilang Total

Setelah waktu merah semua ditentukan, langkah selanjutnya adalah menghitung total waktu hijau yang hilang yang dapat ditentukan dengan persamaan berikut

$$W_{HH} = \sum_i (W_{MS} + W_K) i \quad (3.16)$$

(Sumber: PKJI, 2023)

Keterangan:

- W_{MS} : Waktu merah semua
- W_K : Waktu kuning

3.4 Indikator Kinerja Persimpangan

⁴⁰ Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas menyebutkan tingkat pelayanan untuk persimpangan. Pelayanan terburuk ada pada indikator F yaitu arus tertahan dan terjadi antrean kendaraan yang panjang dengan kecepatan kurang dari 30 kilometer per jam (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96, 2015). Berikut merupakan adalah tingkat pelayanan pada persimpangan berdasarkan peraturan tersebut

14
Tabel 3. 7 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan menurut PM 96 Tahun 2015

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/kend)
A	≤ 5
B	5 - 15
C	15 - 25
D	25 - 40
E	40 - 60
F	≥ 60

(Sumber: PM 96 Tahun 2015)

2
3.5 Koordinasi Simpang

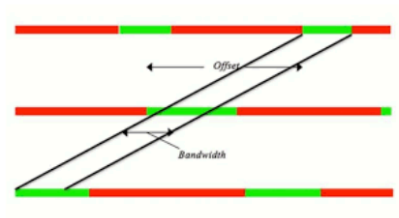
Koordinasi sinyal pada simpang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi kapasitas jaringan. Dengan pengaturan sinyal yang sama, diharapkan dapat menurunkan waktu tunggu kendaraan (*delay*) dan mencegah terjadinya antrean kendaraan yang panjang. Pada umumnya, kendaraan yang keluar dari suatu sinyal akan tetap mempertahankan grupnya hingga sinyal berikutnya (Ikhwan dkk., 2014). Adapun syarat dari koordinasi simpang adalah :

1. Jarak antara simpang yang akan dikoordinasikan sebaiknya tidak melebihi 800 meter, karena jika lebih dari itu, efektivitas koordinasi sinyal akan menurun.
2. Seluruh lampu lalu lintas yang terlibat harus memiliki durasi siklus yang seragam.
3. Koordinasi sinyal ini umumnya diterapkan pada jaringan jalan utama seperti jalan arteri atau kolektor, namun juga bisa digunakan pada jaringan jalan berbentuk grid.
4. Adanya iringan kendaraan (*platoon*) yang terjadi akibat pengaruh lampu lalu lintas di persimpangan sebelumnya.

Sistem koordinasi sinyal bertujuan untuk mengikuti volume lalu lintas maksimum sehingga kendaraan dapat melewati simpang tanpa harus berhenti. Oleh karena itu, waktu hijau (*green periods*) pada simpang berikutnya diatur sedemikian rupa sehingga mengikuti kedatangan kelompok kendaraan (*platoon*) (Zulfa dkk., 2024). Ketika kendaraan memasuki sebuah persimpangan dan aliran lalu lintas yang keluar dari persimpangan tersebut masih membentuk kelompok

(*platoon*) saat mencapai persimpangan berikutnya, maka koordinasi antar kedua persimpangan disarankan. Namun, jika aliran kendaraan yang tiba di persimpangan berikutnya telah tersebar merata dan tidak lagi membentuk kelompok, maka koordinasi antar persimpangan tidak diperlukan. Hal ini terbukti dengan adanya pendapat yang menyatakan bahwa untuk jarak yang lebih besar dari 800 meter hingga 1200 meter dinilai masih lebih efektif bila dikoordinasikan. (Ratnaningsih, 2020).

Pada sistem koordinasi simpang bersinyal dikenal istilah *Offset* dan *Bandwith*. *Offset* merupakan perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang setelahnya, sedangkan *bandwidth* adalah perbedaan waktu dalam lintasan paralel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir (Papacostas dalam Romadhona & Zainuri, 2019). Keduanya bergerak dengan kecepatan tetap dan merupakan kelompok kendaraan (*platoon*) yang tidak terhambat oleh sinyal merah.



(Sumber : Papacostas dalam Romadhona & Zainuri, 2019)

Gambar 9. Diagram *Offset* dan *Bandwith*

3.6 Kecepatan Titik

Kecepatan titik (*spot speed*) adalah kecepatan kendaraan pada waktu melewati satu titik tertentu pada jalan (Yulianggi Trisya Pramesti & Budiharjo, 2020). Pengukuran ini biasanya dilakukan untuk mengetahui kecepatan rata-rata kendaraan yang melintas di suatu lokasi dalam periode waktu tertentu. Pada penelitian ini menggunakan data survei *spot speed* sebagai data masukan dalam permodelan PTV Vissim

3.7 Pengambilan Sampel

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Pada penelitian ini sampel yang diambil berdasarkan populasi jumlah kendaraan dalam satu jam sibuk. Perhitungan menggunakan sampel slovin digunakan untuk mencari data *spotspeed* yang nantinya akan menjadi masukkan pada mikrosimulasi. Untuk menentukan jumlah sampel yang diambil menggunakan persamaan Slovin yaitu :

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad (3.17)$$

(Sumber : Jepradi, 2022)

Keterangan:

n : Sampel

N : Populasi

Ne : Nilai *error*

3.8 Uji Chi Square

Uji Chi-Square digunakan untuk menguji kesesuaian panjang antrian di lapangan dengan hasil analisis panjang antrian model (Rahayu dkk., 2009). Nilai arus jenuh yang digunakan sebagai landasan dalam hitungan kapasitas jalan adalah lebar lajur dan nilai konstanta dimana perhitungan nilai kapasitas dinilai tidak tepat sehingga perlu diadakan perbaikan dengan cara mencari faktor konstanta yang tepat sebagai pengali lebar efektif pada arus jenuhnya (Rahayu dkk., 2009). Dalam menentukan factor pengali yang tepat maka digunakan perhitungan Chi Square. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk perhitungan Chi Square

$$\chi^2 = \left[\frac{(E - O)^2}{O} \right] \quad (3.18)$$

(Sumber : Rahayu et al., 2009)

Keterangan:

E : Nilai Ekspektasi

O : Nilai Observasi

Kemudian dari perhitungan tersebut akan digunakan untuk melakukan kalibrasi terhadap pendekatan yang digunakan yaitu PKJI 2023 sehingga nantinya keluaran yang dihasilkan dapat menggambarkan kondisi asli di lapangan. Uji ini dilakukan jika pendekatan PKJI 2023 yang dilakukan menghasilkan keluaran yang kurang menggambarkan kondisi lapangan sehingga kemudian dilakukan uji ini untuk mendapatkan hasil yang lebih mendekati. Untuk parameter yang digunakan nantinya adalah panjang antrean pada kondisi eksisting dan panjang antrean pada model.

Uji Chi Square ini dilakukan untuk melakukan kalibrasi pada PKJI 2023 sehingga keluaran yang dihasilkan mendekati kondisi eksisting. Uji Chi-Square digunakan sebagai metode evaluasi statistik dalam proses kalibrasi terhadap model PKJI 2023, dengan tujuan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara hasil perhitungan model dengan kondisi aktual di lapangan. Melalui uji ini, dapat diketahui seberapa besar perbedaan antara nilai yang dihasilkan oleh model PKJI dengan data eksisting, sehingga model dapat disesuaikan dan disempurnakan agar lebih representatif terhadap kondisi nyata. Kalibrasi dilakukan dikarenakan indikator yang digunakan pada PKJI sudah tidak sesuai untuk menggambarkan kondisi yang ada saat ini dimana PKJI mengadopsi dari Highway Capacity Manual (HCM,1985) yang didasarkan pada keadaan arus lalu lintas yang seragam (homogenitas traffic) dan didominasi oleh mobil penumpang (Auliya dkk., 2024). Kalibrasi ini penting dilakukan agar hasil analisis kinerja lalu lintas yang diperoleh lebih akurat, relevan, dan dapat dijadikan dasar yang kuat dalam pengambilan keputusan teknis di bidang transportasi. Proses kalibrasi terhadap nilai tersebut menggunakan solver excel. Solver excel merupakan pemrograman linear maupun non-linier yang digunakan untuk mengoptimalkan fungsi tujuan, atau untuk mencari nilai optimal terhadap suatu permasalahan dengan mempertimbangkan kondisi tertentu (Anam & Ramadhan, 2024).

3.9 Mikrosimulation Model

Pada penelitian ini digunakan aplikasi *microsimulation model* berupa PTV Vissim. PTV Vissim merupakan perangkat lunak yang digunakan pada bidang

transportasi untuk mensimulasikan kondisi arus lalu lintas dan memberikan alternatif pilihan lalu lintas (Setiawan dkk., 2023). Perangkat lunak ini memberikan kemampuan untuk memvisualisasikan dan menganalisis kondisi lalu lintas dalam tampilan dua dimensi maupun tiga dimensi. Secara sederhana, Vissim merupakan program simulasi lalu lintas berskala mikroskopis yang dirancang untuk merepresentasikan situasi lalu lintas berdasarkan variabel seperti jumlah kendaraan, tipe kendaraan, serta desain dan konfigurasi jalan yang tersedia. Secara umum, perangkat lunak Vissim mampu mensimulasikan situasi lalu lintas aktual serta menyajikan informasi terkait tundaan, panjang antrean, kecepatan kendaraan, dan durasi perjalanan. Sebelumnya dilakukan kalibrasi pada permodelan Vissim yang telah dibangun.

Kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dikembangkan mampu merepresentasikan kondisi aktual di lapangan. Kalibrasi dilakukan dengan cara merubah parameter *driving behavior* dengan cara *trial and error*, dengan merubah random seed ataupun survei secara langsung (Pratiwi & Rusmandani, 2025). Validasi model Vissim juga dilakukan agar memastikan permodelan dapat mewakili kondisi sebenarnya di lapangan. Validasi model Vissim dilakukan dengan membandingkan hasil observasi dengan simulasi menggunakan uji statistik Geoffrey E. Havers (GEH) (Jepriadi, 2022). Model yang valid akan digunakan untuk mencari kinerja lalu lintas ruas dan simpang kondisi saat ini (Aulia, 2023). Berikut adalah rumus perhitungan GEH

$$GEH = \frac{\sqrt{(q \text{ simulated} - q \text{ observed})^2}}{0.5 \times (q \text{ simulated} + q \text{ observed})} \quad (3.19)$$

(Sumber : Jepriadi, 2022)

Keterangan :

$q \text{ simulated}$: Volume lalu lintas hasil simulasi (kend/jam)

$q \text{ observed}$: Volume lalu lintas hasil observasi (kend/jam)

Tabel 3. 8 Penarikan Kesimpulan GEH

Hasil	Kesimpulan
GEH < 5	Diterima
5 ≤ GEH ≤ 10	Peringatan: kemungkinan model error atau data buruk
GEH > 10	Ditolak

(Sumber : Jepriadi, 2022)

Langkah-langkah dalam melakukan permodelan dan simulasi lalu lintas dalam perangkat lunak Vissim, meliputi:

- a. Menentukan *background* lokasi studi
- b. Membuat jaringan jalan
- c. Membuat rute perjalanan
- d. Menentukan jenis kendaraan
- e. Menambahkan *vehicle types* dan *vehicle classes*
- f. Menentukan *desired speed distribution*
- g. Menentukan *vehicle composition* dan *vehicle input*
- h. Menambahkan *signal controller*
- i. Mengatur *driving behavior*
- j. Mengatur *configuration evaluation*
- k. Menentukan *nodes* simpang
- l. Menjalankan *running evaluation*
- m. Memperoleh hasil *output*

3.10 Perencanaan Geometrik Simpang

Perencanaan geometrik simpang dilakukan dengan merujuk pada Pedoman Perencanaan Teknis Geometrik Simpang Tahun 2024 yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Untuk memberikan pelayanan yang baik bagi kelancaran transportasi jalan diperlukan penyediaan jaringan transportasi yang baik dan efisien, maka perlu ditunjang pula oleh penyediaan prasarana transportasi yang baik dimana pedoman untuk perencanaan teknis merupakan suatu bagian penting dalam mewujudkan prasarana transportasi jalan yang baik (Bina Marga, 2024). Panduan ini menjadi acuan nasional dalam menetapkan standar teknis untuk desain geometrik simpang, termasuk penentuan panjang median. Penyediaan ruang simpan ditentukan berdasarkan perkiraan panjang antrian dan disesuaikan dengan jenis pengaturan simpang yang diterapkan

3.11 Performance Index (PI)

Performance Index (Indeks Kinerja) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur seberapa baik kinerja suatu proyek dibandingkan dengan target tertentu (Ghanim & Abu-Lebdeh, 2015). Indeks ini biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase atau angka. Indeks kinerja jaringan (PI) juga bisa diartikan sebagai kombinasi linear dari estimasi penundaan dan jumlah pemberhentian yang dialami oleh setiap kendaraan per satuan waktu untuk semua fase sinyal berdasarkan rencana pengaturan waktu tertentu di semua persimpangan dalam suatu jaringan. Optimasi yang dilakukan bertujuan untuk meminimumkan *Performance Index* (Aisyah Putri Elmanda, Zulfhazli, 2016). Untuk nilai indikator perhitungannya diambil dari hasil Vissim yaitu *Vehicle Delay* dan *Stops Delay*. Berikut merupakan persamaan untuk melakukan perhitungan Performance Indeks

$$PI = W \times w_i \times d_i + k/100 \times k_i \times s_i \quad (3.20)$$

(Sumber : Aisyah Putri Elmanda, Zulfhazli, 2016)

Keterangan :

- W : Biaya per tundaan
- w_i : Bobot untuk tundaan
- d_i : Tundaan
- k_i : Bobot *stop*
- s_i : Jumlah *stop*

Masing masing bobot tersebut didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh (Ghanim & Abu-Lebdeh, 2015) dimana nilai bobot tundaan adalah 1 dan bobot stop adalah 10. Semakin kecil nilai *performance index* maka menunjukkan nilai yang baik.

3.12 Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian adalah aspek penting yang menunjukkan bahwa suatu penelitian memiliki sesuatu yang baru dalam hal metode atau pemecahan masalah. Berikut merupakan penelitian sejenis dengan penelitian yang dilaksanakan

Tabel 3. 9 Keaslian Penelitian

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
47 1	Evaluasi Manajemen Lalulintas Terhadap Persimpangan Bersinyal Dan Tanpa Sinyal Yang Bertekatan Pada Persimpangan Jl. Sultan Abdurrahman-Jl. Gusti Johan Idrus- Jl. Putri Candramidi	(Nemawani, 2014)	Mengetahui kinerja persimpangan sehingga dapat merumuskan solusi melalui berbagai skenario manajemen lalu lintas.	Survei lapangan mencakup kondisi lingkungan, geometrik jalan, jumlah kendaraan yang melintas, serta durasi sinyal pada setiap persimpangan.	Kuantitatif	MKJI 1997	Alternatif solusi terpilih yaitu adalah mengubah kedua persimpangan menjadi persimpangan bersinyal dengan empat lengan, menggunakan tiga fase dalam satu siklus waktu, serta memperlebar keempat lengan persimpangan untuk	

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
2	<p>Pontianak</p> <p>30 Evaluasi Kinerja Sistem Koordinasi Simbang Bersinyal Pada Persimpangan Jalan Imam Bonjol- Jalansuprpto & Bundaran Kecil Kota Palangka Raya</p>	<p>(Robby dkk., 2019)</p>	<p>Mengetahui kinerja simpang terkoordinasi dan mengoptimalkan pengaturan siklus lampu untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas.</p>		<p>30 Survei lapangan mencakup kondisi lingkungan, geometrik jalan, jumlah kendaraan yang melintas, serta durasi sinyal pada setiap persimpangan.</p>	<p>Kuantitatif</p>	<p>MK/JI 1997</p>	<p>meningkatkan kapasitas dan kelancaran lalu lintas.</p> <p>Pengaturan siklus lampu di simpang mengurangi tundaan kendaraan yang bergerak secara beriringan saat melewati kedua persimpangan tersebut</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
3	<p>63</p> <p>Evaluasi Dan Pengaturan Simpang Bersinyal Terkoordinasi Dengan Metode MKJII 1997 Dan Transyt 14.1 Di Jalan Brigjen Katamso Kota Parakan</p>	(Widodo dkk., 2018)	<p>Mengevaluasi kinerja persimpangan di ruas Jalan Brigjen Katamso serta menerapkan koordinasi antar persimpangan sebagai langkah solusi untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas.</p>	<p>Data sekunder mencakup peta jaringan jalan, data kependudukan dan aspek sosial ekonomi yang terkait</p>	<p>Data primer mencakup volume lalu lintas, karakteristik geometrik persimpangan, durasi siklus lampu, kecepatan kendaraan, serta data mengenai tundaan dan panjang antrian..</p>	Kuantitatif	<p>MKJII 1997 dan TRANSY T 14.1</p>	<p>Tingkat kinerja persimpangan dan jaringan mengalami peningkatan setelah penerapan koordinasi persimpangan bersinyal, dengan 25 Degree of Saturation (DOS) yang awalnya sebesar 89,31% turun menjadi 60%. Hal ini menunjukkan bahwa koordinasi persimpangan berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi lalu lintas pada jaringan jalan..</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
4	<p>Desain Koordinasi Sinyal Untuk Dua Simpang Yang Berdekatan (Studi Kasus: Simpang Gondomanan Dan Simpang KM Nol Yogyakarta)</p>	(Iryanti, 2021)	<p>Menganalisis performa, menerapkan koordinasi sinyal, serta mengevaluasi kembali kondisi Simpang Gondomanan dan Simpang KM Nol Yogyakarta setelah dilakukan upaya koordinasi.</p>		<p>Data</p> <p>rencakup volume kendaraan saat jam puncak dan jam siang</p> <p>lengkap pada hari kerja maupun hari libur (Senin dan Sabtu), kecepatan kendaraan, durasi sinyal di setiap persimpangan, serta kondisi geometrik</p>	Kuantitatif	<p>MKJI 1997 dan VISSIM</p>	<p>Berdasarkan perencanaan koordinasi anlar simpang. Alternatif ini berhasil mengurangi nilai tundaan serta meningkatkan kecepatan rata-rata kendaraan pada lengan Barat Simpang Gondomanan dan lengan Timur Simpang KM Nol yang dikoordinasikan.</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
5	26 Evaluasi Kinerja Simpang Panbil Terhadap tingkat Pelayanan Lalu Lintas (Studi Kasus Simpang Panbil –Batam)	(Prastio dkk., 2022)	Melakukan evaluasi terhadap Simpang Panbil untuk menilai kinerjanya, dengan tujuan memastikan kelancaran arus lalu lintas.	Kondisi Lingkungan dan Volume Lalu Lintas	Arus lalu lintas dan Geometrik jalan.	Kuantitatif	MKJI 1997	26 Simpang Panbil hanya satu jalan yang memajemkannya optimum, karena (DS > 0,75) tepannya pada Fase 2 dengan nilai DS = 0,99
6	Evaluasi Perilaku Lalu Lintas Pada Simpang Dan Koordinasi Antar Simpang/Studi Kasus : Simpang Stasiun	(Utomo dkk., 2016)	Menganalisis kinerja ketiga persimpangan sebelum menerapkan koordinasi di antara mereka. Perbaikan		Data mencakup volume lalu lintas, karakteristik geometrik persimpangan	Kuantitatif	MKJI 1997 dan VISSIM	Alternatif pertama pada periode jann puncak terbukti sebagai pilihan terbaik, dengan waktu tempuh dari lengan Timur

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
	Brambanan-Simpang Taman Wisata Candi)		yang disesuaikan berupa koordinasi sinyal dengan penyesuaian pola waktu, di mana pengaturan sinyal dibedakan antara periode jam sibuk (on-peak) dan jam lenggang (off-peak) untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas.		dan ruas jalan, waktu tempuh kendaraan berdasarkan kecepatan, serta durasi sinyal lalu lintas			6 Simpang 1 ke lenggang Timur-Simpang 2 (arah Timur-Barat Jalan Yogyakarta-Solo) sebesar 31,73 detik dan kecepatan rata-rata perjalanan mencapai 49,47 km/jam. Sementara itu, alternatif kedua pada periode jam lenggang juga menjadi solusi optimal, di mana waktu tempuh dari lenggang Timur-Simpang 1 ke lenggang Barat-Simpang 2 (arah Timur-Barat

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
7	<p>6 Penggunaan Software Vissim Untuk Analisa Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Jl. Sultan Hamid – Jl. Tanjung Raya I – Jl. Perintis Kemerdekaan – Jl. Tanjung Raya II Pontianak)</p>	(Hidayati dkk., 2018)	<p>Menilai kendala VISSIM dalam menganalisis permasalahan transportasi di Indonesia serta membandingkan hasil analisis panjang antrian dengan evaluasi berdasarkan MKJI.</p>		<p>Data geometrik simpang dan panjang antrian</p>	Kuantitatif	<p>MKJI 1997 dan VISSIM</p>	<p>Keunggulan dan Kelemahan software VISSIM : Tidak Dapat Menghitung Derajat Kejenhuan Simpang, Dapat menghasilkan simulasi secara 3 Dimensi, Dapat menganalisis kinerja tidak hanya pada</p>
								<p>9 Jalan Yogya-Solo) tercatat sebesar 27,25 detik dengan kecepatan rata-rata perjalanan mencapai 57,60 km/jam.</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
			Dengan demikian, dapat dirumuskan rekomendasi terbaik untuk meningkatkan kinerja persimpangan bersinyal.					simpang namun sampai ke lengan-lengan simpang. Keakuratan hasil analisa dengan kondisi lapangan mendekati, atau akurat, dan Memerlukan data kecepatan kendaraan untuk melakukan simulasi. Keunggulan dan Kelemahan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 : Dapat Menghitung Derajat Kejenuhan

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
								<p>Simpang, Tidak dapat menghasilkan simulasi secara 3 Dimensi. Tidak dapat menganalisis kinerja lengan-lengan simpang seperti tundaan dan indeks tingkat pelayanan, Keakuratan hasil analisa dengan kondisi lapangan dapat berbeda, atau tidak akurat, dan Tidak memerlukan data kecepatan kendaraan untuk melakukan analisis.</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
8	<p>1. Manajemen Dan Rekyasa Lalu Lintas Terhadap Dua Simpang Bersinyal Yang Berdekatan (Studi Kasus Simpang Empat Jalan K.H.A Dahlan –Jalan Karimata –Jalan Johar Dan Simpang Tigajalan K.H.A Dahlan – Jalan Aliyanyang – Jalan KH.W. Hasyim) Pontianak</p>	<p>(Nernawani; Rabihati, Ety; Riyanti, 2023)</p>	<p>Menangani kemacetan di dua persimpangan yang berdekatan melalui penerapan manajemen dan rekayasa lalu lintas, dengan tujuan meningkatkan kelancaran arus kendaraan berdasarkan hasil evaluasi kondisi di lapangan</p>		<p>39. Survei lapangan mencakup kondisi lingkungan, geometrik jalan, jumlah kendaraan yang melintas, serta durasi sinyal pada setiap persimpangan.</p>	<p>Kuantitatif</p>	<p>MKJI 1997</p>	<p>Berdasarkan hasil analisis, kedua persimpangan saat ini masih mampu menampung kendaraan selama jam puncak, dengan derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,86. Alternatif terbaik yang diterapkan melalui koordinasi antar persimpangan dapat membantu mengurangi panjang antrean serta menurunkan rata-rata</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
9	<p>1. Peningkatan Kinerja Simpang Dengan Koordinasi Sinyal Lalu Lintas Di Simpang Bpk Dan Badran Yogyakarta</p>	<p>(Romadhon a & Zaimuri, 2019)</p>	<p>Mengatasi kemacetan di dua persimpangan yang berdekatan dengan menerapkan manajemen dan rekayasa lalu lintas melalui berbagai alternatif solusi.</p>		<p>Data mencakup volume kendaraan, jumlah fase dan durasi sinyal, geometric, pembagian jalur, jarak antara persimpangan, kondisi lingkungan persimpangan yang diamati secara visual,</p>	<p>Kuantitatif</p>	<p>VISSIM</p>	<p>turunan kendaraan. 23. Koordinasi sinyal dengan sistem satu arah pada lengan penghubung berhasil meningkatkan tingkat pelayanan secara signifikan</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
10	<p>6 Koordimasi Sinyal Simpang Jalan Yang Berdekatan Dengan Permodelan Visim: Study Kasus Simpang Pandamaran Dan Simpang BESI Jangkang Kabupaten Sleman</p>	(Ratumaningsih, 2020)	Menyusun alternatif solusi perbaikan melalui koordimasi sinyal di kedua persimpangan guna mengatasi kemacetan yang terjadi selama jam sibuk	Lokasi penelitian yang didapat dari google maps.	kecepatan kendaraan, serta perilaku berkendara Volume kendaraan, Jumlah fase dan waktu sinyal pada masing masing simpang, Kondisi geometrik, Lingkungan simpang yang diamati secara visual, Kecepatan	Kuantitatif	MKJI 1997 dan VISSIM	<p>2 Setelah didapatkan hasil pada simpang tak bersinyal Pandamaran menjadi simpang Bersinyal selanjutnya kedua simpang dikoordinasikan dengan menggunakan diagram koordimasi, software VISSIM dan didapatkan hasil penurunan yang signifikan, waktu</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
					Kendaraan, dan Driving Behaviour			<p>2</p> <p>tempuh yang lebih cepat serta tundaan yang mengalami penurunan sehingga kinerja pelayanan dari kedua simpang tersebut cukup bagus. Berdasarkan nilai panjang antrian, waktu tempuh perjalanan, serta waktu tundaan dengan presentase rata-rata penurunan nilai panjang antrian pada simpang Pandanaran mengalami peningkatan 7%.</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
11	Evaluasi Penataan Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan H Rais A Rahman – Jalan Gusni Hamzah – Jalan Jeranding	(Kurniawan dkk., 2020)	<p>Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mencari rekomendasi alternatif yang terjadi pada</p>	Jumlah penduduk	Data volume lalu lintas, data geometrik, dan data hambatan samping	Kuantitatif	MKJI 1997 dan VISSIM	<p>Timur mengalami peningkatan 43% Selatan penurunan 7% dan pada simpang Besi Jangkang pada lengan Utara mengalami penurunan 15%, Barat penurunan 49%, Selatan kenaikan 7%.</p> <p>Dengan dilakukannya alternatif penanganan simpang dengan merekomendasikan jalan paralel yang sudah ada pada kondisi eksisting dan</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
	<p>6 Dan Jalan H Rais A Rahman – Jalan H M Suwignyo – Jalan Re Martadinata Kota Pontianak</p>		<p>6 simpang dengan tipe simpang bersinyal yang saling berdekatan dan mempunyai permasalahan yang sama</p>					<p>6 berubah kegunaan simpang yang awalnya simpang bersinyal menjadi simpang tak bersinyal, dan berubah arus lalu lintas menjadi satu arah dan sudah dilakukannya analisa simpang tiga tak bersinyal dengan metode MKII dan didapat hasil dengan tundaan yang kecil dan hasil LOS paling besar yaitu LOS B maka alternatif</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
12	7 Kinerja Koordinasi Simping Cebongan Dan Simping Taman Ringin Cebongan Berdasarkan Pkji 2023	(Zulfa dkk., 2024)	2 Memberikan alternatif perbaikan koordinasi sinyal kedua simping untuk mengatasi kemacetan pada saat jam sibuk.	7 Data jumlah penduduk Kabupaten Sleman dan peta lokasi penelitian	7 Data volume lalu lintas, geometrik jalan, kecepatan rata-rata, kondisi lingkungan, perilaku pengemudi, panjang antrian dan tundaan.	Kuantitatif	PKJI 2023 dan VISSIM	8 tersebut dapat digunakan untuk masa yang akan datang. 7 Koordinasi simping yang dilakukan menggunakan waktu siklus 100 detik pada kedua simping dapat mengurangi panjang antrian dan tundaan pada kedua simping sehingga permasalahan panjang antrian yang saling mengganggu antar simping pada jam puncak dan

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
13	<p>13 Analisis Penerapan Koordinasi Simpang Bersinyal Pada Simpang Bekasi Timur Dansimpang DPRD</p>	<p>(Aulia, 2023)</p>	<p>16 Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kinerja lalu lintas eksisting, optimalisasi waktu hijau, dan koordinasi simpang bersinyal Simpang Bekasi Timur dan Simpang DPRD.</p>	<p>9 Volume Lalu Lintas, Geometri simpang dan rus, Waktu Tempuh, Kecepatan, dan Waktu Sinyal Lalu Lintas.</p>	<p>Kuantitatif</p>	<p>MKJI 1997 dan VISSIM</p>	<p>7 waktu tempuh untuk melintasi kedua simpang dapat diurangi. 10 Perubahan kondisi eksisting ke simpang koordinasi menjadikan kinerja jaringan semakin membaik. Terjadi peningkatan kinerja jaringan pada parameter kecepatan, waktu perjalanan dan tundaan rata-rata</p>	
14	<p>14 Evaluasi Relayasa Lalu Lintas Simpang Empat</p>	<p>(Evitmalasar i dkk., 2020)</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk menemukan solusi</p>	<p>Data Keceelakaan, Peta Jaringan</p>	<p>Kuantitatif</p>	<p>MKJI 1997 dan Vissim</p>	<p>Rekomendasi penanganan yang paling efektif adalah</p>	

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
	Bundaran Bersinyal Tugu Wisnu Surakarta		penanganan yang dapat diterapkan pada simpang empat Tugu Wisnu untuk meningkatkan tingkat keselamatan.	jalan, Jumlah penduduk, dan Tata Cuna Lahan Kota Surakarta	simpang, volume lalu lintas, waktu sinyal, dan kecepatan.			dengan penerapan sistem 4 fase APILL yang memungkinkan pergerakan lalu lintas tanpa harus melintasi bundaran. Berdasarkan analisis, tingkat pelayanan persimpangan berada pada kategori D dengan waktu tunda sebesar 37,12 detik, tanpa adanya konflik <i>crossing</i> , serta tercatat 82 kejadian <i>rear end</i> dan 4 kasus pergantian lajur.

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
15	Optimization Of Interception Coordination On Ir Road, Sockarno, Kediri, Tabanan Through A Microsimulation Approach	(Suartawan dkk., 2023)	Unnik meningkatkan kinerja simpang di sepanjang jalan Ir. Sockarno Tabanan Bali dengan mengurangi jumlah antrian di simpang serta mengoptimalkan APIL dengan gelombang hijau antar simpang menggunakan metode pemodelan transportasi dengan pendekatan	Jumlah Penduduk dan Waktu Siklus dan Fase	Data Volume lalu lintas dan Kecepatan Kendaraan	Kuantitatif	VISSIM	Terjadi penurunan tundaan pada masing-masing simpang. Penurunan terbesar di Simpang Gerogak dengan panjang antrian tertinggi sebesar 253,33 meter dengan tundaan 32,81 detik dengan penurunan waktu tunda sebesar 40,71%

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
16	<p>43</p> <p>Optimalisasi Kinerja Simping Bersinyal Menggunakan Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 Dan Program PTV Vissim (Studi Kasus : Simping Peterongan Dan Simping Ahmad Yani)</p>	(Calya P. P dkk., 2024)	<p>mikrosimulasi PTV Vissim</p> <p>Mengoptimalisasi kinerja simping bersinyal Simping Ahmad Yani dan Simping Peterongan menggunakan metode PKJI 2023.</p>	<p>Jumlah penduduk dan peta wilayah Kota Semarang</p>	<p>Volume lalu lintas, Geometri, dan Kondisi lingkungan</p>	Kuantitatif	<p>PKJI 2023 dan VISSIM</p>	<p>Setelah dilakukan optimalisasi pada Simping Ahmad Yani didapatkan hasil nilai tundaan simping rata-rata 6,8 dengan LoS B (baik), sedangkan untuk Simping Peterongan didapatkan nilai tundaan simping rata-rata 14,3 dengan LoS B (baik).</p>
17	Analisa Dan	(Ikhwan	Mengkoordinasikan	Data Instansi	Volume lalu	Kuantitatif	MKJI	Setelah dilakukan

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
	<p>6 Koordinasi Sinyal Antara Simpang Sumber Dan Simpang Pom Bensin Manahan</p>	<p>dkk., 2014)</p>	<p>6 sinyal lampu lalu lintas pada kedua simpang. Perilaku ini dilakukan dengan mengutamakan jalur utama yang bervolume lebih besar sehingga dapat menghindari tundaan dan panjangnya antrian akibat lampu merah pada simpang sumber dan simpang pom bensin Manahan</p>		<p>lintas, Geometri, dan Kondisi lingkungan</p>		<p>1997</p>	<p>6 pengkoordinasian kedua simpang pada ruas prioritas atau Jl. Ahmad Yani, kinerja kedua simpang menjadi jauh lebih baik dan terkoordinasi.</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
18	<p>Analisis Rencana Penerapan Simbang Bersinyal Pada Simbang Ji. Alihyang – Ji. Putri Dara Nante Ji. Putri Dara Hitam Terkoordinasi Dengan Simbang Ji. Kh. Ahmad Dahlan – Ji. Kh. Wahid Hasyim – Ji. Alihyang Di Kota Pontianak Menggunakan Mki Ji Dan Software Vissim</p>	(Hamdarto dkk., 2023)	<p>Penerapan koordinasi simbang bersinyal pada kedua persimpangan. Tujuan dari penerapan koordinasi simbang adalah agar kendaraan yang bergerak dari satu simbang menuju simbang lainnya dapat selaras dengan waktu hijau dan waktu siklus pada simbang tujuan.</p>	<p>Jumlah data penduduk dan Identitas jalan</p>	<p>Geometrik simbang, Volume lalu lintas, dan Kecepatan</p>	Kuantitatif	MKJI 1997 dan VISSIM	<p>Hasil kinerja koordinasi simbang dalam kasus penelitian ini tidak terlalu baik dibandingkan dengan hasil kinerja waktu siklus terbaik hasil MKJI 1997 sebelum koordinasi. Namun, jika dibandingkan dengan kondisi eksisting tiap simbang, maka koordinasi simbang dipilih untuk mengatasi kinerja persimpangan yang</p>

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
19	Evaluasi Efektivitas Pengaturan Sinyal Pada Simpang 5 Balapan Untuk Meningkatkan Kinerja Simpang Dengan Pendekatan PKJI 2023 Dan VISSIM	(Hidayat dkk., 2023)	<p>8 Untuk mengevaluasi kinerja simpang 5 balapan serta melakukan optimalisasi agar lebih baik kinerjanya dengan metode pendekatan PKJI 2023 dan Vissim</p>	Waktu siklus simpang, dan data jumlah penduduk	Inventarisasi, Volume lalu lintas, Kecepatan, dan Panjang antrian	Kuantitatif	PKJI 2023 dan VISSIM	<p>buruk.</p> <p>8 Membandingkan kinerja hasil optimalisasi yaitu antara perencanaan 1 (penyesuaian distribusi waktu hijau) dan perencanaan 2 (perubahan waktu siklus) maka didapat hasil terbaik pada setiap plan baik dengan pendekatan PKJI dan Vissim.</p>
20	Analisis	(Niswaturro	Penelitian ini		Volume	Kuantitatif	MKJI	Kinerja simpang rata-

No	Judul Penelitian	Sumber	Tujuan	Jenis Data		Sifat Data	Teknik Analisis	Hasil
				Sekunder	Primer			
10	Koordinasi simpang Bersinyal Simpang Gemblegan - Simpang Serengan -Simpang Jansaren Kota Surakarta	fifah dkk., 2023)	berujuan menganalisa simpang Gemblegan dan Simpang Serengan dengan mengkoordinasikan kehuasimpang untuk mengurangi antrian dan tundaan.		kendaraan, waktu sinyal dan geometrik simpang		1997	rata dalam kondisi eksisting adalah DS = 0,93; QL = 108 m dan Delay=61,4. Kinerja simpang rata-rata setelah dilakukan koordinasi sinyal, DS = 0,56; QL = 93,85 m dan Delay= 24,27 detik.

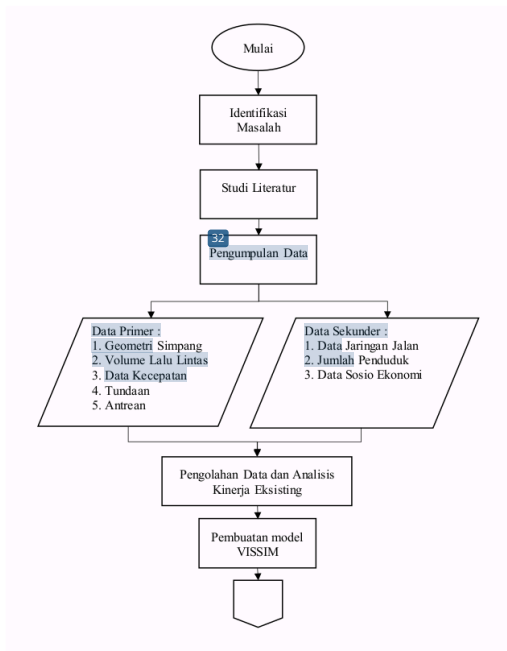
(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

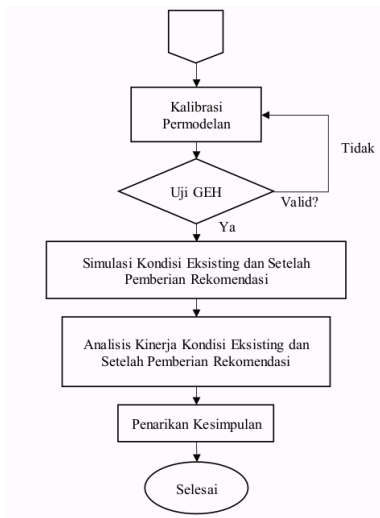
Berdasarkan penelitian terdahulu dapat diketahui berbagai usulan rekomendasi yang telah diterapkan pada simpang di masing masing lokasi kajian dan keinerjanya. Melalui penelitian terdahulu akan ditemukan usulan rekomendasi yang mungkin dapat diterapkan atau dikombinasikan untuk bisa diterapkan di penelitian kali ini. Penelitian terdahulu juga untuk mengetahui metode yang bisa digunakan atau dikombinasikan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik

BAB IV METODOLOGI

4.1 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian diperlukan untuk menggambarkan tahapan-tahapan sistematis yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian. Setiap tahap memiliki peran penting dalam menjamin hasil penelitian. Adapun tahapan-tahapan pada penelitian ini disajikan dalam bagan alir sebagai berikut:





(Sumber : Rancangan Pribadi)
Gambar 10. Bagan Alir Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari diagram alir penelitian :

1. Mulai
 Proses dimulai dengan perencanaan awal penelitian berupa penetapan lokasi studi dan penentuan fokus kajian.
2. Identifikasi Masalah
 Pada tahap ini, dilakukan penelusuran terhadap permasalahan lalu lintas yang terjadi di lokasi studi, seperti kemacetan, tundaan tinggi, antrean panjang, atau konflik lalu lintas.
3. Studi Literatur
 Peneliti mengkaji referensi melalui bahan literasi yang ada dan hasil penelitian terdahulu yang relevan untuk mendukung pemahaman terhadap

variabel, metode analisis, dan pendekatan yang akan digunakan, termasuk prinsip dasar pemodelan lalu lintas.

4. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dalam dua kategori, yaitu data primer yang diperoleh langsung dari lapangan melalui survei meliputi geometri simpang, volume lalu lintas, data kecepatan kendaraan, tundaan (*delay*), panjang antrean. Sedangkan untuk data sekunder dapat diperoleh dari instansi terkait seperti data jaringan jalan, jumlah penduduk, dan data sosial ekonomi.

5. Pengolahan Data dan Analisis

Data yang telah dikumpulkan diolah untuk menilai kinerja eksisting pada simpang kajian, seperti tingkat pelayanan atau *Level of Service* (LOS), kapasitas jalan, panjang antrean, serta tundaan.

6. Pembuatan Model Vissim

Berdasarkan data dan analisis yang telah dilakukan, dibangun model simulasi lalu lintas menggunakan perangkat lunak Vissim. Model ini menggambarkan kondisi nyata dan digunakan untuk mensimulasikan berbagai skenario perbaikan nantinya.

7. Kalibrasi

Setelah model Vissim dibangun, dilakukan proses kalibrasi dengan menyesuaikan parameter model agar mencerminkan kondisi nyata di lapangan. Kalibrasi melibatkan pengaturan input seperti distribusi kecepatan, perilaku kendaraan, dan parameter lainnya agar hasil simulasi mendekati data observasi.

8. Validasi menggunakan Uji GEH

Setelah kalibrasi, dilakukan uji validasi menggunakan uji GEH (Geoffrey E. Havers). Uji ini digunakan untuk membandingkan volume kendaraan dari hasil simulasi dengan data lapangan guna menentukan validitas model. Jika nilai $GEH < 5$, maka model dianggap valid. Jika tidak valid, proses kembali ke tahap kalibrasi untuk dilakukan penyesuaian ulang. Jika valid, proses dilanjutkan ke tahap simulasi.

9. Simulasi

Model yang telah tervalidasi digunakan untuk menyimulasikan dua kondisi yaitu kondisi eksisting untuk melihat kinerja jalan saat ini dan kondisi setelah pemberian usulan rekomendasi yaitu skenario perbaikan pada simpang kajian.

10. Analisis Kinerja

Tahap ini membandingkan hasil simulasi dari kondisi eksisting untuk dan kondisi setelah pemberian usulan rekomendasi yaitu skenario perbaikan pada simpang kajian, Indikator yang dianalisis mencakup tundaan kendaraan dan panjang antrean

11. Penarikan Kesimpulan

Setelah dibandingkan setiap komponen kinerja dari masing masing Simpang maka akan dilihat persentase penurunan dari kinerjanya. Jika suatu skenario perbaikan yang diberikan dapat memberikan persentase penurunan yang signifikan terhadap komponen kinerja sebelumnya, maka rekomendasi tersebut yang akan digunakan dan dijadikan rekomendasi terbaik.

4.2 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif deskriptif yang dilakukan melalui observasi lapangan untuk menggambarkan kondisi lalu lintas di Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur. Penilaian dilakukan dengan indikator berupa tundaan dan panjang antrean kendaraan. Dalam penelitian kali ini menerapkan pendekatan rekayasa lalu lintas serta menggunakan metode analisis yang relevan guna menilai kinerja persimpangan secara akurat.

4.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur, yang dikenal sebagai salah satu lokasi dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi. Pelaksanaan penelitian berlangsung dari April hingga Juni 2025, mencakup berbagai tahapan seperti survei lapangan, pengumpulan data, analisis,

serta perancangan desain rekayasa lalu lintas untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan kinerja persimpangan

4.4 Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

4.4.1 Data Sekunder

Data sekunder digunakan untuk keperluan data tambahan dalam analisis dan data sekunder didapat dari pihak-pihak terkait (Kurniawan et al., 2020). Adapun data data sekunder yang dibutuhkan yaitu :

1. Peta Jaringan Jalan

Peta jaringan jalan dibuat berdasarkan data dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Malang dan Dinas Perhubungan Kota Malang. Data tersebut kemudian diproses dan disesuaikan oleh bidang manajemen dan rekayasa lalu lintas tim PKL Kota Malang 2025 dengan memperhatikan kondisi eksisting.

2. Data Jumlah Penduduk

Data jumlah penduduk diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Malang yang selanjutnya akan digunakan dalam proses perhitungan pada bagian analisis.

3. Data Waktu Siklus

Data waktu siklus dan plan waktu siklus didapatkan dari Dinas Perhubungan Kota Malang yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan kinerja simpang.

4.4.2 Data Primer

Data primer adalah data utama yang didapatkan dengan cara observasi atau pengamatan langsung dilokasi (Ratnaningsih, 2020). Adapun data data primer yang dibutuhkan yaitu :

1. Data Geometrik

Pengambilan data geometrik pada ruas jalan dan simpang dilakukan melalui metode survei inventarisasi. Nantinya data geometri simpang akan digunakan untuk penghitungan pada kinerja simpang. Pengambilan data dilakukan dengan survei inventarisasi simpang yang dilaksanakan pada

malam hari dikarenakan volume lalu lintas biasanya lebih rendah dibandingkan siang hari. Kondisi ini memberikan kesempatan bagi tim untuk melakukan pengumpulan data secara lebih tepat tanpa terganggu oleh kepadatan kendaraan. Data ini didapatkan bersamaan dengan kegiatan penelitian lapangan yang dijalankan oleh Tim PKL Kota Malang.

2. Data Volume Kendaraan

Pengumpulan data volume lalu lintas menggunakan metode survei perhitungan pergerakan membelok terklasifikasi atau *Classified Turning Movement Counting* (CTMC) pada lokasi kajian selama 16 jam yaitu dari jam 05.00 WIB – 21.00 WIB. Pemilihan waktu tersebut dikarenakan pada pergerakan masyarakat dimulai dari jam 05.00 pagi dan mulai menurun pada jam 21.00 malam. Survei CTMC dilakukan pada setiap kaki simpang guna mendapatkan data volume lalu lintas terpadat (Evitmalasari et al., 2020). Pengambilan data volume dilakukan pada hari kerja normal melalui video rekaman CCTV Kota Malang. Data CTMC yang didapatkan sebelumnya selanjutnya dianalisis menggunakan *time series* untuk mengetahui jam sibuk. Data volume kendaraan tertinggi dalam satu hari akan digunakan sebagai data masukan dalam perhitungan kinerja simpang.

3. Data Kecepatan

Pengambilan data kecepatan dilakukan pada jam dimana lalu lintas bisa bergerak tanpa terganggu oleh kendaraan lain dan pengendara bisa bebas memilih kecepatan. Dimana jam pengambilan bisa dilakukan diluar jam sibuk pagi, siang, maupun sore. Pengambilan data kecepatan dapat dilakukan di luar jam tersebut. Pengambilan data kecepatan dilakukan dengan melakukan *spotspeed* di tiap lengan simpang sejauh 100 meter dari *stopline*. Sampel untuk data *spotspeed* diambil berdasarkan populasi jumlah kendaraan dalam satu jam sibuk. Untuk menentukan jumlah sampel yang diambil menggunakan persamaan Slovin. Pada penelitian ini data survei *spot speed* digunakan sebagai data masukan dalam permodelan PTV Vissim.

4. Survei Panjang Antrean

Survei panjang antrian dilakukan dengan mengamati serta mencatat panjang maksimum antrean kendaraan di setiap lengan simpang selama periode tertentu, khususnya saat jam sibuk. Pengukuran dapat dilakukan menggunakan alat bantu seperti kamera video atau secara manual, dengan menjadikan patokan fisik sebagai titik referensi.

5. Survei Tundaan

Sementara itu, survei tundaan bertujuan untuk menghitung waktu keterlambatan kendaraan akibat berhenti atau melambat di persimpangan. Pengukuran tundaan dilakukan dengan mencatat selisih waktu antara saat kendaraan mencapai titik pendekatan simpang dan saat kendaraan dapat melewati garis henti atau keluar dari zona pengaruh simpang

2

4.5 Metode Analisis Data

Dalam penentuan hasil analisis data, perlu dilakukan beberapa tahapan yaitu

1. Analisis Kondisi Eksisting Simpang

Perhitungan dengan PKJI 2023 digunakan untuk membantu menghitung waktu hijau pada skenario perbaikan nantinya. Dalam perhitungan tersebut tentunya perlu untuk mengetahui kinerja eksisting menggunakan PKJI 2023 agar nantinya saat dilakukan perubahan pada pengaturan waktu siklus dapat diketahui pada waktu hijau tiap fase dan waktu siklus yang dipakai menghasilkan kinerja seperti apa sehingga dapat diketahui kinerja dari pengaturan waktu hijau tiap fase dan waktu siklus yang baru lebih baik atau tidak. Analisis kinerja simpang yang ada dilakukan untuk mengevaluasi kondisi sebelum adanya perubahan. Dalam analisis ini, perhitungan dilakukan dengan menilai derajat kejenuhan, panjang serta peluang antrian, dan waktu tundaan. Metode yang digunakan berasal dari Panduan Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Indikator yang digunakan yaitu derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan.

a. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DJ) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$D_j = q/c \quad (4.1)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan:

D_j : derajat kejenuhan.

C : kapasitas segmen jalan (SMP/jam)

q : Volume lalu lintas (SMP/jam)

b. Jumlah Antrean

Jumlah rata-rata antrian kendaraan (SMP) pada awal isyarat lampu hijau (N_q) dihitung dengan persamaan :

$$NQ_1 = 0,25 \times (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + 8 \times \frac{DS - 0,5}{C}} \quad (4.2)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Jika DS > 0,5 ; selain dari itu NQ₁ = 0

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{(1 - GR) \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (4.3)$$

(Sumber : PKJI 2023)

Sehingga jumlah antrian dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (4.4)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan:

NQ₁ : Jumlah smp yang tertinggi dari fase hijau sebelumnya

NQ₂ : Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS : Derajat kejenuhan

GR : Rasio hijau

c : Waktu siklus (det)

C : Kapasitas (smp/jam)

Q : Arus lalu-lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

c. Panjang Antrean

Panjang antrean adalah panjang antrean (smp/jam) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$PA = \frac{(NQ \times 20)}{Lm} \quad (4.5)$$

Sumber : PKJI, 2023)

d. Rasio Kendaraan Terhenti (RKH)

Rasio Kendaraan Henti yaitu rasio kendaraan pada pendekatan yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu Simpang APILL dihitung dengan persamaan:

$$RKH = 0,9 \times \frac{Nq}{q \times s} \times 3600 \quad (4.6)$$

Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan:

Nq : Jumlah rerata antrian kendaraan (SMP) awal isyarat hijau

S : Waktu siklus (detik)

q : Arus lalu lintas dari pendekatan yang ditinjau (SMP/jam)

e. Jumlah Kendaraan Terhenti (RKH)

Merupakan jumlah dari rata-rata kendaraan yang terhenti, termasuk yang terhenti berulang dalam antrian, pada suatu simpang APILL yang kemudian dapat dihitung dengan rumus::

$$N_{HK} = q \times RKH \quad (4.7)$$

(Sumber : PKJI, 2023)

Keterangan:

N_{HK} : Jumlah kendaraan terhenti

R_{HK} : Rasio kendaraan terhenti

q : Arus lalu lintas dari pendekatan yang ditinjau (SMP/jam)

f. Tundaan

Tundaan di suatu Simpang APILL disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu tundaan akibat lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan akibat kondisi geometrik (T_G). Rata-rata tundaan untuk pendekatan ke-i dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T = T_{LL} + T_G$$

(4.8)

(Sumber : PKJI, 2023)

Uji Chi Square kemudian dilakukan jika pendekatan PKJI 2023 yang dilakukan menghasilkan keluaran yang kurang menggambarkan kondisi lapangan sehingga kemudian dilakukan uji ini untuk mendapatkan hasil yang lebih mendekati. Kalibrasi dilakukan terhadap pendekatan yang digunakan dalam hal ini PKJI 2023 sehingga nantinya keluaran yang dihasilkan dapat menggambarkan kondisi asli di lapangan.

Nilai yang digunakan sebagai faktor pengali dalam perhitungan arus jenuh dasar dapat berbeda-beda karena dipengaruhi oleh variasi kondisi melalui faktor penyesuaian tertentu. Sehingga diperlukan penyempurnaan dengan menetapkan nilai pengali yang lebih akurat terhadap lebar efektif, agar perhitungan arus jenuh menjadi lebih representatif sesuai kondisi sebenarnya. Untuk memperoleh nilai arus jenuh yang lebih sesuai dengan kondisi nyata di lapangan, dilakukan kalibrasi terhadap arus jenuh dasar menggunakan fitur *solver* di Excel. Penentuan faktor penyesuaian didasarkan pada indikator panjang antrean yang diperoleh dari hasil PKJI dan kondisi eksisting. Untuk parameter yang digunakan nantinya adalah panjang antrean pada kondisi eksisting dan panjang antrean pada model. Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan.

$$x^2 = \left[\frac{(\text{Nilai PA Model} - \text{Nilai PA Eksisting})^2}{\text{Nilai PA Eksisting}} \right] \quad (4.9)$$

(Sumber : Rahayu et al., 2009)

Keterangan:

Nilai PA Model : Nilai panjang antrean model PKJI 2023

Nilai PA Eksisting : Nilai panjang antrean kondisi eksisting

Penyesuaian yang diterapkan bertujuan untuk memaksimalkan atau meminimalkan suatu fungsi berdasarkan batasan-batasan yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam praktiknya, penggunaan *solver* mampu menghasilkan solusi optimal yang sesuai dengan kondisi dan

permasalahan yang ada, sehingga efektif digunakan dalam studi optimasi, khususnya di bidang transportasi. Penerapan solver dalam sektor transportasi juga berperan penting dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Jumlah kesalahan pada setiap lengan dianalisis dan dikurangi seminimal mungkin dalam proses kalibrasi, guna memperoleh nilai arus jenuh yang paling representatif. Dalam penggunaan solver, batas nilai arus jenuh dasar ditetapkan sebesar 600, sesuai dengan faktor pengali yang tercantum dalam PKJI. Proses ini menghasilkan nilai arus jenuh yang telah disesuaikan dengan kondisi aktual di wilayah studi.

Kemudian hasil analisis disimulasikan menggunakan perangkat lunak PTV Vissim. Untuk memastikan keakuratan hasil, dilakukan kalibrasi pada simulasi tersebut. Pada penelitian ini, hasil kinerja yang diperoleh akan didasarkan pada pemodelan menggunakan PTV Vissim. Kinerja dari Vissim yang digunakan adalah Panjang Antrean dan Tundaan. Perhitungan dari PKJI 2023 akan digunakan untuk membantu perhitungan dari pengaturan waktu siklus. Dengan menggabungkan hasil dari PTV VISSIM dan perhitungan PKJI 2023, penelitian ini diharapkan untuk dapat memberikan rekomendasi yang lebih akurat dan efektif dalam mengetahui rekayasa lalu lintas di kawasan yang dikaji.

2. Pemodelan Menggunakan Vissim

Pemodelan dengan perangkat lunak PTV Vissim digunakan untuk menyajikan simulasi visual kondisi eksisting pada simpang. Kalibrasi dilakukan guna memastikan kesesuaian simulasi dengan kondisi eksisting di lapangan berdasarkan data primer dan sekunder yang tersedia. Kalibrasi pada Vissim dilakukan dengan mengubah nilai pada parameter parameter yang terdapat pada *driving behavior* yang dilakukan secara *trial and error* pada parameter-parameter tersebut sehingga perilaku pada Vissim dapat menggambarkan perilaku seperti di lapangan (Jepriadi, 2022). Untuk validasi pada Vissim dilakukan dengan membandingkan volume kendaraan antara hasil observasi dengan hasil simulasi pada aplikasi

menggunakan uji GEH. Kemudian setelah valid akan dilakukan simulasi untuk mendapatkan kinerja kondisi eksisting.

Setelah simulasi kondisi eksisting selesai, dilakukan rekayasa simpang menggunakan Vissim. Rekayasa ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitasnya, khususnya dalam meningkatkan kinerja simpang. Simulasi pada Vissim dilakukan pada jam satu sibuk selama satu hari yang sebelumnya telah didapatkan dan masukan pada Vissim nantinya akan sesuai kondisi pada satu jam sibuk selama satu hari tersebut. Analisis kemudian dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah rekayasa, sehingga dampak perubahan terhadap kinerja simpang dapat diketahui. Adapun parameter untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah rekayasa menggunakan tundaan dan panjang antrian.

3. Pemberian Skenario Perbaikan

Setelah dilakukan evaluasi terhadap kinerja kawasan simpang dalam kondisi eksisting, langkah selanjutnya adalah merumuskan berbagai skenario perbaikan rekayasa lalu lintas yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem transportasi di kawasan tersebut. Skenario perbaikan yang diberikan adalah skenario yang dapat meningkatkan kinerja, mengoptimalkan arus lalu lintas, dan mengurangi kemacetan. Dengan diterapkannya skenario perbaikan tersebut, nantinya diharapkan kawasan simpang dapat berfungsi lebih optimal, sehingga memberikan manfaat jangka panjang bagi mobilitas masyarakat dan perkembangan wilayah sekitar. Skenario perbaikan awal yang dapat diberikan yaitu dengan pengaturan ulang terkait fase dan waktu siklus pada setiap simpang dan dapat berupa perbaikan pada geometri simpang. Penyesuaian waktu siklus dilakukan untuk menyesuaikan terkait waktu siklus yang akan disesuaikan dengan volume kendaraan pada kondisi eksisting. Geometri simpang yang tidak sesuai standar atau tidak mampu mengakomodasi volume lalu lintas yang ada juga dapat memicu kemacetan dan potensi konflik antar kendaraan. Perbaikan geometri

diharapkan nantinya dapat meningkatkan kapasitas pada jalan dan dapat menurunkan tundaan dan antrean.

4. Penarikan Kesimpulan

Setelah didapatkan skenario perbaikan, akan dibandingkan antara kondisi eksisting dan kondisi setelah diberikan rekomendasi. Kemudian akan dibandingkan setiap komponen kinerja dari masing masing Simpang. Jika suatu rekomendasi yang diberikan dapat memberikan persentase penurunan yang signifikan terhadap komponen kinerja sebelumnya, maka rekomendasi tersebut yang akan digunakan dan dijadikan rekomendasi terbaik.

4.6 *Timeline* Kegiatan

Berikut adalah *Timeline* Kegiatan dari penelitian ini :

Tabel 4. 1 *Timeline* Kegiatan

No	Nama Kegiatan	April				Mei				Juni				Juli				Agustus			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■	■	■																
2	Pemilihan Topik	■	■	■																	
3	Penyusunan Proposal			■																	
4	Seminar Proposal				■																
5	Pengumpulan Data				■	■	■	■	■												
6	Analisis Data								■	■	■										
7	Penentuan Rekomendasi								■	■	■	■	■								
8	Penyusunan Tugas Akhir									■	■	■	■								
9	Revisi Tugas Akhir																■				
10	Pengumpulan Laporan KKW															■					
11	Sidang Laporan KKW															■					
12	Pengumpulan Final KKW															■					

(Sumber : Rancangan Pribadi)

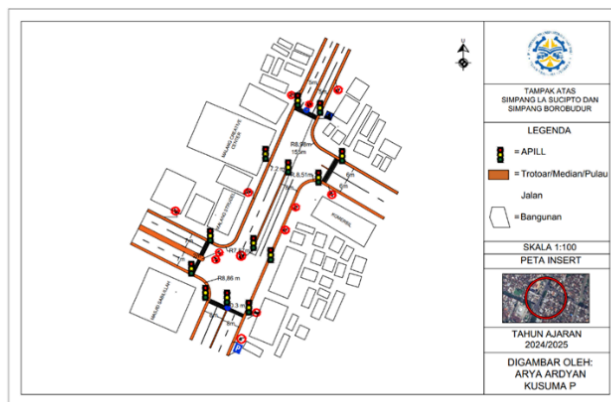
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengumpulan Data

Dalam melakukan analisis terhadap kinerja lalu lintas Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur maka diperlukan **pengumpulan data sekunder dan data primer. Berikut merupakan data** yang dikumpulkan :

5.1.1 Data Inventarisasi Simpang

Data inventarisasi simpang digunakan untuk perhitungan pada kinerja simpang. Berikut merupakan data inventarisasi geometrik di Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur yang nantinya **data tersebut akan digunakan dalam perhitungan kinerja simpang.**



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)
Gambar 11. Visualisasi Simpang L.A. Sucipto dan Simpang Borobudur

Adapun penjelasan dari gambar tersebut yaitu :

1. Pendekat Utara Simpang L.A Sucipto
Nama Jalan : Jalan A. Yani

⁴
Status Jalan : Provinsi
Fungsi Jalan : Kolektor Primer
Tipe Jalan : 4/2 T
Lebar Lengan Total : 10,3 meter
Lebar Lengan Masuk : 5 meter
Lebar Lengan Keluar : 5 meter
¹¹
Lebar Median : 0,3 meter

2. Pendekat Selatan Simpang L.A Sucipto

Nama Jalan : Jalan A. Yani
⁴
Status Jalan : Provinsi
Fungsi Jalan : Kolektor Primer
Tipe Jalan : 4/2 T
Lebar Lengan Total : 15,2 meter
Lebar Lengan Masuk : 7,2 meter
Lebar Lengan Keluar : 8 meter
Lebar Median : 0,3 meter
⁵²

3. Pendekat Timur Simpang L.A Sucipto

Nama Jalan : Jalan L.A Sucipto
⁴
Status Jalan : Provinsi
Fungsi Jalan : Kolektor Primer
Tipe Jalan : 4/2 TT
Lebar Lengan Total : 12,3 meter
²
Lebar Lengan Masuk : 6 meter
Lebar Lengan Keluar : 6 meter
Lebar Median : 0,3 meter

4. Pendekat Utara Simpang Borobudur

Nama Jalan : Jalan A. Yani
Status Jalan : Provinsi
Fungsi Jalan : Kolektor Primer
Tipe Jalan : 4/2 T
Lebar Lengan Total : 15,3 meter

Lebar Lengan Masuk : 8 meter

Lebar Lengan Keluar : 7 meter

Lebar Median : 0,3 meter

5. Pendekat Selatan Simpang Borobudur

Nama Jalan : Jalan Jend. A. Yani

Status Jalan : Provinsi

Fungsi Jalan : Kolektor Primer

Tipe Jalan : 4/2 T

Lebar Lengan Total : 16,3 meter

Lebar Lengan Masuk : 8 meter

Lebar Lengan Keluar : 8 meter

Lebar Median : 0,3 meter

6. Pendekat Barat Simpang Borobudur

Nama Jalan : Jalan Borobudur

Status Jalan : Provinsi

Fungsi Jalan : Kolektor Primer

Tipe Jalan : 4/2 T

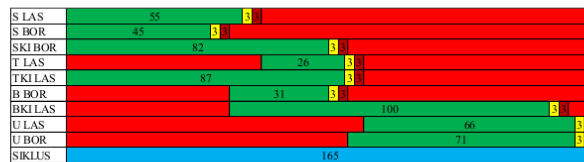
Lebar Lengan Total : 16 meter

Lebar Lengan Masuk : 7 meter

Lebar Lengan Keluar : 7 meter

Lebar Median : 2 meter

Selain data geometri, yang digunakan dalam perhitungan kinerja adalah waktu hijau dan waktu siklus. Data ini sangat penting karena secara langsung memengaruhi kinerja simpang. Berikut merupakan data waktu siklus pada simpang kajian.

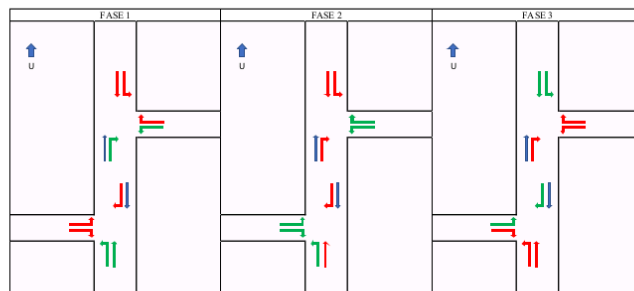


(Sumber : Dinas Perhubungan Kota Malang)

Gambar 12. Diagram Fase Simpang LA. Sucipto dan Simpang Borobudur

Keterangan :

- S LAS : Pelepasan lengan selatan semua arah Simpang LA Sucipto
- S BOR : Pelepasan lengan selatan semua arah Simpang Borobudur
- SKI BOR : Pelepasan lengan selatan arah ke kiri Simpang Borobudur
- T LAS : Pelepasan lengan timur semua arah Simpang LA Sucipto
- TKI LAS : Pelepasan lengan timur arah kiri Simpang LA Sucipto
- B BOR : Pelepasan lengan barat semua arah Simpang Borobudur
- BKI LAS : Pelepasan lengan barat arah kiri Simpang LA Sucipto
- U LAS : Pelepasan lengan utara semua arah Simpang LA Sucipto
- U BOR : Pelepasan lengan utara semua arah Simpang Borobudur

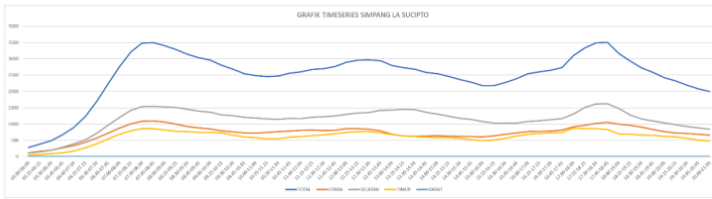


(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 13. Fase Simpang LA. Sucipto dan Simpang Borobudur

5.1.2 Data Volume Simpang

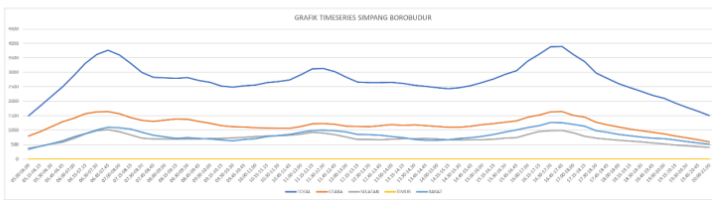
Volume lalu lintas di persimpangan diperoleh melalui survei *Classified Turning Movement Counting* (CTMC) atau survei gerakan belok terklasifikasi. Survei ini dilakukan pada hari kerja normal yang dimulai pukul 05.00 hingga 21.00 WIB. Data hasil survei digunakan untuk menilai kinerja simpang serta sebagai dasar dalam merumuskan solusi terhadap permasalahan lalu lintas yang ada. Dari hasil pelaksanaan survei CTMC selama 16 jam di Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur, diperoleh informasi volume lalu lintas yang menjadi acuan utama dalam perencanaan upaya optimalisasi untuk menangani permasalahan yang terjadi di simpang tersebut.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 14. Grafik Timeseries Simpang L.A Sucipto

Berdasarkan data fluktuasi lalu lintas di Simpang L.A Sucipto, diketahui bahwa jam puncak pagi terjadi pada pukul 06.45-07.45 WIB, jam puncak siang berlangsung antara pukul 11.30-12.30 WIB, dan jam puncak sore terjadi pada pukul 16.45-17.45 WIB.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 15. Grafik Timeseries Simpang Borobudur

Sedangkan berdasarkan data fluktuasi lalu lintas di Simpang Borobudur, diketahui bahwa jam puncak pagi terjadi pada pukul 06.45-07.45 WIB, jam puncak siang berlangsung antara pukul 11.30-12.30 WIB, dan jam puncak sore terjadi pada pukul 16.45-17.45 WIB.

Selama periode survei 16 jam diperoleh distribusi kendaraan yang melintas pada masing-masing jam puncak pagi, siang, dan sore. Klasifikasi kendaraan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu sepeda motor, mobil penumpang, dan kendaraan sedang. Pada jam puncak pagi, kendaraan didominasi oleh sepeda motor sebesar 70,91%, diikuti oleh mobil penumpang sebesar 28,93%, dan kendaraan sedang sebesar 0,16% pada Simpang L.A Sucipto



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 16. Proporsi Kendaraan Jam Puncak Pagi Simpang L.A Sucipto

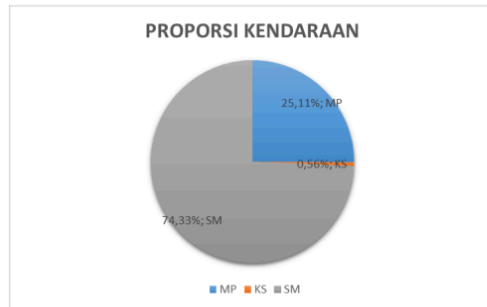
Pada jam puncak siang, kendaraan didominasi oleh sepeda motor sebesar 68,31%, diikuti oleh mobil penumpang sebesar 30,87%, dan kendaraan sedang sebesar 0,82%. pada Simpang L.A Sucipto.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 17. Proporsi Kendaraan Jam Puncak Siang Simpang L.A Sucipto

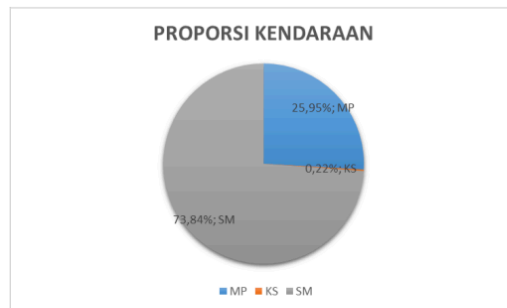
Pada jam puncak sore, kendaraan didominasi oleh sepeda motor sebesar 74,33%, diikuti oleh mobil penumpang sebesar 25,11%, dan kendaraan sedang sebesar 0,56%. pada Simpang L.A Sucipto.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 18. Proporsi Kendaraan Jam Puncak Sore Simpang L.A Sucipto

Pada jam puncak pagi, kendaraan didominasi oleh sepeda motor sebesar 73,84%, diikuti oleh mobil penumpang sebesar 25,95%, dan kendaraan sedang sebesar 0,22% pada Simpang Borobudur.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 19. Proporsi Kendaraan Jam Puncak Pagi Simpang Borobudur

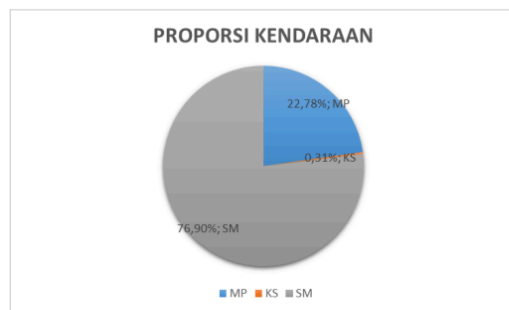
Pada jam puncak siang, kendaraan didominasi oleh sepeda motor sebesar 72,53%, diikuti oleh mobil penumpang sebesar 27,15%, dan kendaraan sedang sebesar 0,32% pada Simpang Borobudur



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 20. Proporsi Kendaraan Jam Puncak Siang Simpang Borobudur

Pada jam puncak sore, kendaraan didominasi oleh sepeda motor sebesar 76,90%, diikuti oleh mobil penumpang sebesar 22,78%, dan kendaraan sedang sebesar 0,31% pada Simpang Borobudur.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 21. Proporsi Kendaraan Jam Puncak Sore Simpang Borobudur

5.1.3 Data Kecepatan Titik

Data kecepatan titik digunakan untuk menggambarkan kecepatan kendaraan pada lokasi tertentu di masing-masing pendekatan simpang. Data ini diperoleh melalui survei kecepatan titik (*spot speed*) yang dilakukan di setiap lengan simpang. Data kecepatan yang diperoleh dari survei ini kemudian digunakan sebagai input dalam pemodelan menggunakan perangkat lunak Vissim. Dalam pengambilan data ini ditentukan menggunakan sampel slovin dengan

populasi berupa jumlah kendaraan pada jam sibuk pada setiap pendekatan. Berikut adalah penentuan jumlah sampel menggunakan metode slovin pada pendekatan utara Simpang LA Sucipto.

1. Sepeda Motor

$$n = N/(1+Ne^2)$$

$$n = 1936/(1+(1936.(0,1)^2))$$

$$n = 95$$

2. Mobil Penumpang

$$n = N/(1+Ne^2)$$

$$n = 747/(1+(747.(0,1)^2))$$

$$n = 88$$

3. Kendaraan Sedang

$$n = N/(1+Ne^2)$$

$$n = 10/(1+(10.(0,1)^2))$$

$$n = 9$$

Kemudian untuk setiap pendekatan didapatkan dengan cara yang sama dan kemudian didapatkan sampel untuk setiap pendekatnya. Sampel yang telah dihitung tersebut kemudian dijadikan acuan dalam pengambilan data *spot speed* pada setiap jenis kendaraan, seperti sepeda motor, mobil penumpang, dan kendaraan berat. Berikut adalah data kecepatan titik dari masing-masing pendekatan.

1. Pendekat Utara Simpang L.A Sucipto

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode slovin, didapatkan sampel yang diambil sebagai sampel *spot speed* setiap kendaraan sebagai berikut

Tabel 5. 1 Sampel *Spot Speed* Pendekat Utara Simpang LA Sucipto

Pendekat	Populasi	Sampel
Sepeda Motor	1936	95
Mobil Penumpang	747	88
Kendaraan Sedang	10	9

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

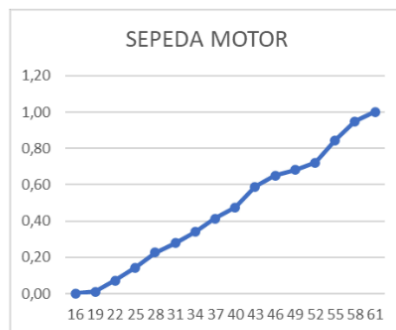
Berikut merupakan hasil *spot speed* pada pendekatan utara Simpang L.A Sucipto :

Tabel 5. 2 *Spot speed* pada pendekatan utara Simpang L.A Sucipto

Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang	
Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq
16	0,00	20	0,00	18	0,00
19	0,01	23	0,05	21	0,11
22	0,07	26	0,14	24	0,33
25	0,14	29	0,26	27	0,67
28	0,23	32	0,32	30	1,00
31	0,28	35	0,42		
34	0,34	38	0,50		
37	0,41	41	0,56		
40	0,47	44	0,72		
43	0,59	47	0,82		
46	0,65	50	0,94		
49	0,68	53	1,00		
52	0,72				
55	0,85				
58	0,95				
61	1,00				

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

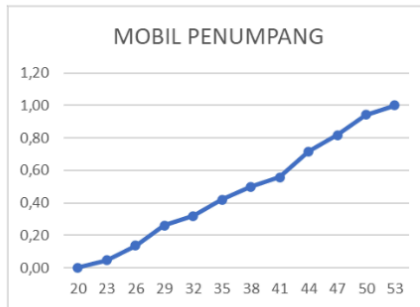
Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan utara Simpang L.A Sucipto untuk sepeda motor



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 22. *Frequency Cumulative* sepeda motor pendekatan utara Simpang L.A Sucipto

Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan utara Simpang L.A Sucipto untuk mobil penumpang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 23. *Frequency Cumulative* mobil penumpang pendekat utara Simpang L.A Sucipto

Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekat utara Simpang L.A Sucipto untuk kendaraan sedang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 24. *Frequency Cumulative* kendaraan sedang pendekat utara Simpang L.A Sucipto

2. Pendekat Selatan Simpang L.A Sucipto

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode slovin, didapatkan sampel yang diambil sebagai sampel *spot speed* setiap kendaraan sebagai berikut

Tabel 5. 3 Sampel *Spot Speed* Pendekat Selatan Simpang LA Sucipto

Pendekat	Populasi	Sampel
Sepeda Motor	3433	97
Mobil Penumpang	1068	91
Kendaraan Sedang	29	22

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

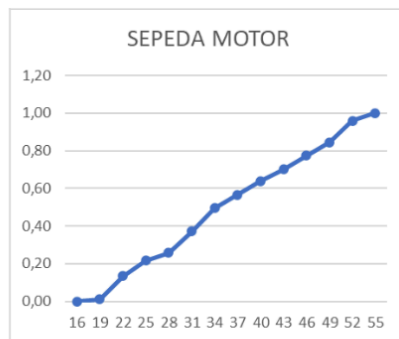
Berikut merupakan hasil *spot speed* pada pendekatan selatan Simpang L.A Sucipto :

Tabel 5. 4 *Spot speed* pada pendekatan selatan Simpang L.A Sucipto

Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang	
Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq
16	0,00	15	0,00	15	0,00
19	0,01	18	0,01	18	0,05
22	0,13	21	0,05	21	0,14
25	0,22	24	0,13	24	0,45
28	0,26	27	0,27	27	0,68
31	0,37	30	0,34	30	0,82
34	0,49	33	0,40	33	0,95
37	0,57	36	0,51	36	1,00
40	0,64	39	0,57		
43	0,70	42	0,65		
46	0,77	45	0,71		
49	0,85	48	0,84		
52	0,96	51	0,90		
55	1,00	54	1,00		

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

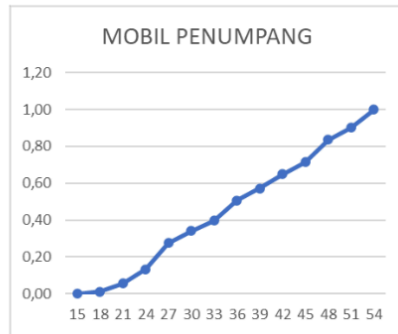
Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan selatan Simpang L.A Sucipto untuk sepeda motor



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 25. *Frequency Cumulative* sepeda motor pendekatan selatan Simpang L.A Sucipto

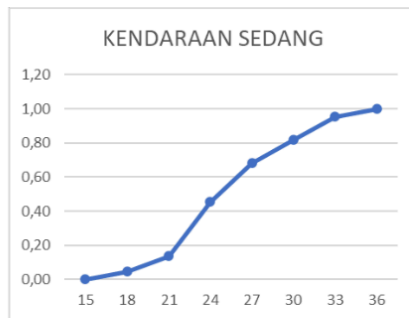
Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan selatan Simpang L.A Sucipto untuk mobil penumpang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 26. *Frequency Cumulative* mobil penumpang pendekat selatan Simpang L.A Sucipto

Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekat selatan Simpang L.A Sucipto untuk kendaraan sedang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 27. *Frequency Cumulative* kendaraan sedang pendekat selatan Simpang L.A Sucipto

3. Pendekat Timur Simpang L.A Sucipto

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode slovin, didapatkan sampel yang diambil sebagai sampel *spot speed* setiap kendaraan sebagai berikut

Tabel 5. 5 Sampel *Spot Speed* Pendekat Timur Simpang LA Sucipto

Pendekat	Populasi	Sampel
Sepeda Motor	1674	94
Mobil Penumpang	564	85
Kendaraan Sedang	14	12

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

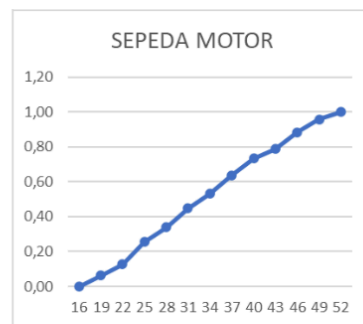
Berikut merupakan hasil *spot speed* pada pendekatan timur Simpang L.A Sucipto :

Tabel 5. 6 *Spot speed* pada pendekatan timur Simpang L.A Sucipto

Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang	
Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq
16	0,00	15	0,00	17	0,00
19	0,06	18	0,01	20	0,07
22	0,13	21	0,14	23	0,29
25	0,26	24	0,22	26	0,71
28	0,34	27	0,35	29	0,86
31	0,45	30	0,47	32	1,00
34	0,53	33	0,53		
37	0,64	36	0,61		
40	0,73	39	0,73		
43	0,79	42	0,82		
46	0,88	45	0,93		
49	0,96	48	1,00		
52	1,00				

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

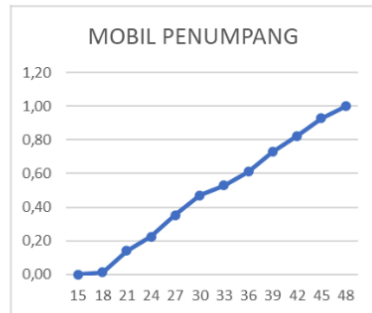
Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan timur Simpang L.A Sucipto untuk sepeda motor



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 28. *Frequency Cumulative* sepeda motor pendekatan timur Simpang L.A Sucipto

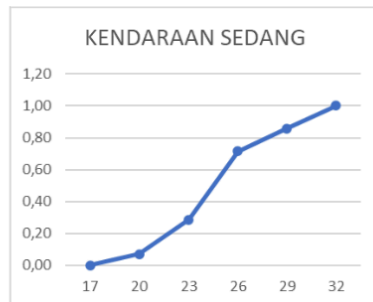
Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan timur Simpang L.A Sucipto untuk mobil penumpang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 29. *Frequency Cumulative* mobil penumpang pendekat timur Simpang L.A Sucipto

Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekat timur Simpang L.A Sucipto untuk kendaraan sedang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 30. *Frequency Cumulative* kendaraan sedang pendekat timur Simpang L.A Sucipto

4. Pendekat Utara Simpang Borobudur

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode slovin, didapatkan sampel yang diambil sebagai sampel *spot speed* setiap kendaraan sebagai berikut

Tabel 5. 7 Sampel Spot Speed Pendekat Utara Simpang Borobudur

Pendekat	Populasi	Sampel
Sepeda Motor	3112	97
Mobil Penumpang	1159	92
Kendaraan Sedang	11	10

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

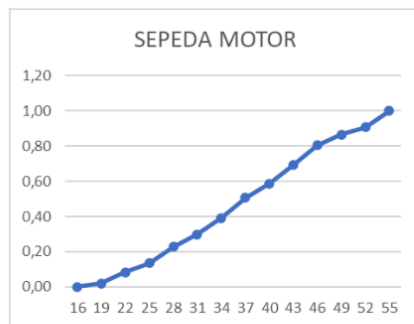
Berikut merupakan hasil *spot speed* pada pendekatan utara Simpang Borobudur :

Tabel 5. 8 *Spotspeed* pada pendekatan utara Simpang Borobudur

Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang	
Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq
16	0,00	16	0,00	20	0,00
19	0,02	19	0,03	23	0,20
22	0,08	22	0,09	26	0,50
25	0,13	25	0,20	29	0,60
28	0,23	28	0,27	32	0,80
31	0,30	31	0,37	35	1,00
34	0,39	34	0,46		
37	0,51	37	0,53		
40	0,59	40	0,60		
43	0,69	43	0,63		
46	0,80	46	0,79		
49	0,87	49	0,91		
52	0,91	52	0,95		
55	1,00	55	1,00		

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

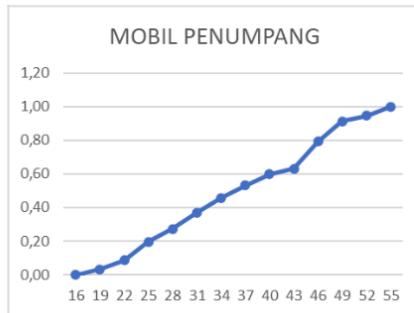
Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan utara Simpang Borobudur untuk sepeda motor



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 31. *Frequency Cumulative* sepeda motor pendekatan utara Simpang Borobudur

Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan utara Simpang Borobudur untuk mobil penumpang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 32. *Frequency Cumulative* mobil penumpang pendekat utara Simpang Borobudur

Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekat utara Simpang Borobudur untuk kendaraan sedang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 33. *Frequency Cumulative* kendaraan sedang pendekat utara Simpang Borobudur

5. Pendekat Selatan Simpang Borobudur

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode slovin, didapatkan sampel yang diambil sebagai sampel *spot speed* setiap kendaraan sebagai berikut

Tabel 5. 9 Sampel Spot Speed Pendekat Selatan Simpang Borobudur

Pendekat	Populasi	Sampel
Sepeda Motor	1877	95
Mobil Penumpang	700	88
Kendaraan Sedang	7	7

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

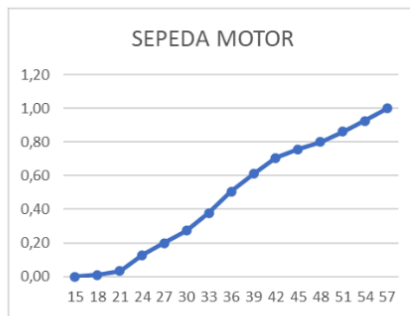
Berikut merupakan hasil *spot speed* pada pendekatan selatan Simpang Borobudur :

Tabel 5. 10 *Spot speed* pada pendekatan selatan Simpang Borobudur

Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang	
Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq
15	0,00	20	0,00	18	0,00
18	0,01	23	0,05	21	0,14
21	0,03	26	0,15	24	0,29
24	0,13	29	0,24	27	0,71
27	0,20	32	0,30	30	0,86
30	0,27	35	0,40	33	1,00
33	0,38	38	0,55		
36	0,51	41	0,72		
39	0,61	44	0,89		
42	0,71	47	1,00		
45	0,76				
48	0,80				
51	0,86				
54	0,93				
57	1,00				

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

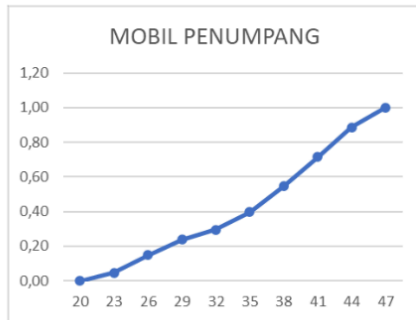
Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan selatan Simpang Borobudur untuk sepeda motor



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 34. *Frequency Cumulative* sepeda motor pendekatan selatan Simpang Borobudur

Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan selatan Simpang Borobudur untuk mobil penumpang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 35. *Frequency Cumulative* mobil penumpang pendekat selatan Simpang Borobudur

Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekat selatan Simpang Borobudur untuk kendaraan sedang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 36. *Frequency Cumulative* kendaraan sedang pendekat selatan Simpang Borobudur

6. Pendekat Barat Simpang Borobudur

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode slovin, didapatkan sampel yang diambil sebagai sampel *spot speed* setiap kendaraan sebagai berikut

Tabel 5. 11 Sampel *Spot Speed* Pendekat Barat Simpang Borobudur

Pendekat	Populasi	Sampel
Sepeda Motor	3628	97
Mobil Penumpang	694	87
Kendaraan Sedang	17	15

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

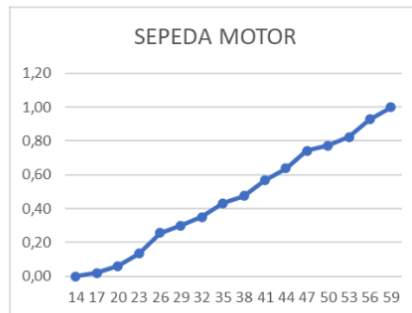
Berikut merupakan hasil *spot speed* pada pendekatan barat Simpang Borobudur :

Tabel 5. 12 *Spot speed* pada Pendekat Selatan Simpang Borobudur

Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang	
Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq	Class Interval	Cum Freq
14	0,00	16	0,00	19	0,00
17	0,02	19	0,02	22	0,07
20	0,06	22	0,09	25	0,27
23	0,13	25	0,15	28	0,67
26	0,26	28	0,22	31	0,93
29	0,30	31	0,24	34	0,93
32	0,35	34	0,39	37	1,00
35	0,43	37	0,51		
38	0,47	40	0,57		
41	0,57	43	0,66		
44	0,64	46	0,74		
47	0,74	49	0,82		
50	0,77	52	0,89		
53	0,82	55	0,94		
56	0,93	58	0,99		
59	1,00	61	1,00		

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

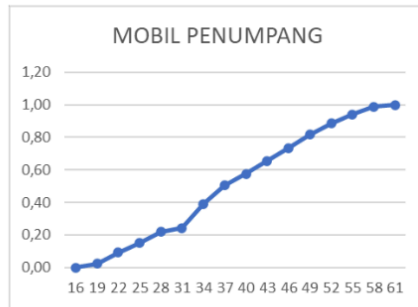
Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan barat Simpang Borobudur untuk sepeda motor



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 37. *Frequency Cumulative* sepeda motor pendekatan barat Simpang Borobudur

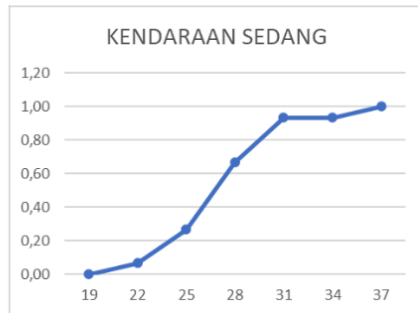
Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekatan barat Simpang Borobudur untuk mobil penumpang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 38. *Frequency Cumulative* mobil penumpang pendekat barat Simpang Borobudur

Berikut merupakan grafik dari *spot speed* pada pendekat barat Simpang Borobudur untuk kendaraan sedang



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 39. *Frequency Cumulative* kendaraan sedang pendekat barat Simpang Borobudur

5.2 Analisis Kinerja Eksisting

5.2.1 PKJI 2023

Untuk menilai kinerja kondisi eksisting pada Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur, dilakukan analisis menggunakan acuan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Tahun 2023. Berikut ini disajikan hasil perhitungan kinerja simpang berdasarkan pedoman tersebut.

1. Kapasitas Simpang L.A Sucipto

Perhitungan kapasitas simpang dapat dilakukan dengan mengkalikan arus jenuh dengan waktu hijau tiap pendekat dibagi dengan waktu siklus

simpang. Untuk mengetahui arus jenuh dapat dilakukan dengan mencari faktor faktor pengali untuk setiap pendekatnya yaitu

a. Arus jenuh dasar (J_0)

Arus jenuh dasar merupakan nilai keberangkatan ketika antrian berada pada pendekat dalam kondisi normal. Berikut perhitungan arus jenuh dasar pada pendekat utara Simpang L.A Sucipto:

$$J_0 = 600 \times L_E$$

$$J_0 = 600 \times 5$$

$$J_0 = 3000 \text{ smp/jam}$$

b. Faktor koreksi hambatan samping lingkungan jalan (F_{HS})

Lingkungan jalan diklasifikasikan ke dalam kelas berdasarkan tata guna lahan dan aksesibilitas jalannya. Dalam penentuannya dilakukan secara kualitatif dari pertimbangan teknik lalu lintas. Sebagaimana pada Tabel 3. 2, Tabel 3. 3, dan Tabel 3. 4, diketahui bahwa F_{HS} pada Simpang L.A Sucipto bertipe komersial sedang dengan nilai F_{HS} senilai 0,94.

c. Faktor koreksi ukuran kota (F_{UK})

Faktor penyesuaian ukuran kota adalah koreksi yang diterapkan pada kapasitas dasar sebagai akibat dari ukuran kota. Nilai faktor penyesuaian ukuran kota dapat ditemukan dalam Tabel 3. 1 dan ditemukan nilai F_{UK} pada Simpang L.A Sucipto di Kota Malang adalah 0,94.

d. Faktor koreksi kelandaian memanjang pendekat (F_G)

Faktor koreksi kelandaian, jika semakin besar, akan meningkatkan tundaan dan antrian di simpang tersebut. Penentuan nilai faktor kelandaian dapat digunakan grafik pada Gambar 8 dan ditemukan nilai F_G pada Simpang L.A Sucipto adalah 1 dikarenakan tidak berada pada tanjakan atau turunan.

e. Faktor koreksi akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama (F_P)

Faktor penyesuaian parkir (F_p) adalah sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai ke kendaraan yang diparkir pertama pada lajur pendekat.

Pada Simpang L.A Sucipto diketahui tidak ada kendaraan yang melakukan parkir di sepanjang jalan sehingga nilai dari F_p adalah 1.

- f. Faktor koreksi akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri (F_{BKI})

Faktor penyesuaian belok kiri (F_{BKI}) pada pendekat selatan utara L.A Sucipto yang merupakan tipe terlindung dapat dihitung menggunakan

rumus :

$$F_{BKI} = 1 - (R_{BKI} \times 0,16)$$

$$F_{BKI} = 1 - (0,05 \times 0,16)$$

$$F_{BKI} = 0,99$$

- g. Faktor koreksi akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan (F_{BKA})

Faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKA}) pada pendekat utara Simpang L.A Sucipto yang merupakan tipe terlindung dihitung menggunakan

rumus :

$$F_{BKA} = 1 + (R_{BKA} \times 0,26)$$

$$F_{BKA} = 1 + (0 \times 0,26)$$

$$F_{BKA} = 1$$

Setelah ditemukan factor pengali dari arus jenuh, maka didapatkan nilai arus jenuh pada lengan utara Simpang L.A. Sucipto sebagai berikut

$$J = 3000 \times 0,94 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 0,99 \times 1$$

$$J = 2628 \text{ smp/jam}$$

Setelah diketahui arus jenuhnya, maka akan dihitung kapasitas dari lengan utara Simpang L.A. Sucipto. Diketahui waktu hijau pada lengan utara Simpang L.A. Sucipto adalah 66 detik dan waktu siklus pada Simpang L.A. Sucipto adalah 165 detik sehingga kemudian dapat dihitung sebagai berikut

$$C = 2628 \times \frac{66}{165}$$

$$C = 1051 \text{ smp/jam}$$

Sehingga didapatkan bahwa nilai kapasitas pada lengan utara Simpang LA. Sucipto adalah 1051 smp/jam. Berikut merupakan hasil perhitungan kapasitas setiap lengan pada Simpang LA Sucipto.

Tabel 5. 13 Kapasitas setiap lengan pada Simpang LA Sucipto

Pendekat	Arus Jenuh (smp/jam)	Waktu Hijau (detik)	Waktu Siklus (detik)	Kapasitas (smp/jam)
Utara	2628	66	165	1051
Selatan	2439	55	165	813
Timur	1933	87	165	1019

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

2. Kinerja Simpang L.A Sucipto

a. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DJ) dihitung pada setiap lengan simpang menggunakan persamaan. Berikut adalah perhitungan derajat kejenuhan untuk lengan utara Simpang L.A Sucipto

$$D_j = 1050/1051$$

$$D_j = 1$$

b. Panjang Antrean

Panjang antrian adalah panjang antrian kendaraan (smp/jam) pada setiap lengan simpang yang dihitung menggunakan suatu persamaan. Berikut adalah perhitungan Panjang Antrean untuk lengan utara Simpang L.A Sucipto

$$PA = \frac{(54,50 \times 20)}{5}$$

$$PA = 218,02 \text{ m}$$

c. Tundaan

Tundaan di suatu Simpang APILL disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu tundaan akibat lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan akibat kondisi geometrik (T_G). Rata-rata tundaan untuk pendekat ke- i dihitung menggunakan suatu persamaan. Diketahui T_{LL} pada pendekat utara Simpang LA. Sucipto sebesar 71 detik dan T_G pada pendekat utara

Simpang LA. Sucipto sebesar 4 detik. Sehingga dapat diketahui nilai tundaan pendekat utara Simpang LA. Sucipto yaitu

$$T = 71 + 4$$

$$T = 75 \text{ detik}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan kinerja lalu lintas pada setiap lengan di Simpang LA Sucipto

Tabel 5. 14 Kinerja pada setiap lengan di Simpang LA Sucipto

Pendekat	DJ	Panjang Antrean (meter)	Tundaan (detik)
Utara	1,00	218,02	75
Selatan	0,73	118,06	56
Timur	0,82	111,02	41

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Setelah diperoleh kondisi eksisting menggunakan perhitungan dari PKJI 2023, kemudian dilakukan proses kalibrasi agar model tersebut dapat menggambarkan kondisi lalu lintas di lapangan. Tujuannya untuk memastikan bahwa karakteristik lalu lintas yang dimodelkan sesuai dengan kondisi nyata. Dalam perhitungan PKJI 2023 diketahui perhitungan Arus Dasar menggunakan persamaan 600 dikalikan dengan lebar efektif pendekat dimana nilai 600 merupakan ketentuan nasional yang dianggap mewakili kondisi jalan di Indonesia, Untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat di lokasi kajian, maka dilakukan kalibrasi untuk mengganti nilai 600 tersebut menjadi nilai baru menggunakan *solver* pada aplikasi *Microsoft Excel* dengan membandingkan Panjang antrean pada model dengan Panjang antrean pada kondisi eksisting dan didapatkan nilai ketentuan baru.

Pada suatu penelitian oleh (Rahayu et al., 2009), pendekatan menggunakan nilai ketentuan tersebut dianggap kurang akurat sehingga perlu dilakukan penyesuaian, khususnya dalam penentuan nilai konstanta pengali lebar efektif pada perhitungan arus jenuh dasar. Untuk menilai tingkat kesesuaian Panjang antrean pada model dengan Panjang antrean pada kondisi eksisting digunakan metode uji chi-square sehingga didapatkan nilai baru yaitu 566,65.

Tabel 5. 15 Kinerja pada setiap lengan di Simpang LA Sucipto setelah Penyesuaian

Pendekat	DJ	Panjang Antrean (meter)	Tundaan (detik)
Utara	1,06	238,67	90
Selatan	0,77	121,75	58
Timur	0,87	118,24	46

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

3. Kapasitas Simpang Borobudur

Perhitungan kapasitas simpang dapat dilakukan dengan mengkalikan arus jenuh dengan waktu hijau tiap pendekatan dibagi dengan waktu siklus simpang. Untuk mengetahui arus jenuh dapat dilakukan dengan mencari faktor faktor pengali untuk setiap pendekatnya yaitu

a. Arus jenuh dasar (J_0)

Arus jenuh dasar merupakan nilai keberangkatan ketika antrian berada pada pendekatan dalam kondisi normal. Berikut perhitungan arus jenuh dasar pada pendekatan selatan yang memiliki pelapasan ke semua arah pada Simpang Borobudur:

$$J_0 = 566,65 \times L_E$$

$$J_0 = 566,65 \times 8$$

$$J_0 = 4533 \text{ smp/jam}$$

Berikut perhitungan arus jenuh dasar pada pendekatan selatan yang memiliki pelepasan ke arah kiri pada Simpang Borobudur

$$J_0 = 566,65 \times L_E$$

$$J_0 = 566,65 \times 2$$

$$J_0 = 1133 \text{ smp/jam}$$

b. Faktor koreksi hambatan samping lingkungan jalan (F_{HS})

Lingkungan jalan diklasifikasikan ke dalam kelas berdasarkan tata guna lahan dan aksesibilitas jalannya. Dalam penentuannya dilakukan secara kualitatif dari pertimbangan lalu lintas. Sebagaimana pada Tabel 3. 2, Tabel 3. 3, dan Tabel 3. 4, diketahui bahwa F_{HS} pada Simpang Borobudur bertipe komersial sedang dengan nilai F_{HS} senilai 0,94.

- c. Faktor koreksi ukuran kota (F_{UK})
 Faktor penyesuaian ukuran kota adalah koreksi yang diterapkan pada kapasitas dasar sebagai akibat dari ukuran kota. Nilai faktor penyesuaian ukuran kota dapat ditemukan dalam Tabel 3. 1 dan ditemukan nilai F_{UK} pada Simpang Borobudur di Kota Malang adalah 0,94.
- d. Faktor koreksi kelandaian memanjang pendekat (F_G)
 Faktor koreksi kelandaian, jika semakin besar, akan meningkatkan tundaan dan antrian di simpang tersebut. Penentuan nilai faktor kelandaian dapat digunakan grafik pada Gambar 8 dan ditemukan nilai F_G pada Simpang Borobudur adalah 1.
- e. Faktor koreksi akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama (F_P)
 Faktor penyesuaian parkir (F_P) adalah sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai ke kendaraan yang diparkir pertama pada lajur pendekat. Pada Simpang Borobudur diketahui tidak ada kendaraan yang melakukan parkir di sepanjang jalan sehingga nilai dari F_P adalah 1.
- f. Faktor koreksi akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri (F_{BKI})
 Faktor penyesuaian belok kiri (F_{BKI}) pada pendekat selatan Simpang Borobudur yang merupakan tipe terlindung dihitung menggunakan rumus :

$$F_{BKI} = 1 - (0,28 \times 0,16)$$

$$F_{BKI} = 1 - (R_{BKI} \times 0,16)$$

$$F_{BKI} = 0,96$$
- g. Faktor koreksi akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan (F_{BKA})
 Faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKA}) pada pendekat selatan Simpang Borobudur yang merupakan tipe terlindung dihitung menggunakan rumus :

$$F_{BKA} = 1 + (0 \times 0,26)$$

$$F_{BKA} = 1 + (0 \times 0,26)$$

$$F_{BKA} = 1$$

Setelah ditemukan faktor pengali dari arus jenuh, maka didapatkan nilai arus jenuh pada lengan Selatan yang memiliki pelepasan ke semua arah pada Simpang Borobudur sebagai berikut

$$J = 4533 \times 0,94 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 0,96 \times 1$$

$$J = 3827 \text{ smp/jam}$$

Setelah ditemukan faktor pengali dari arus jenuh, maka didapatkan juga nilai arus jenuh pada lengan Selatan yang memiliki pelepasan ke arah kiri pada Simpang Borobudur sebagai berikut

$$J = 1133 \times 0,94 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 0,96 \times 1$$

$$J = 957 \text{ smp/jam}$$

Dikarenakan ada dua pergerakan berbeda untuk satu lengan maka diperlukan perhitungan tambahan, Perhitungan ini dilakukan ketika suatu pendekatan memiliki isyarat hijau melebihi satu fase yang arus jenuhnya telah diketahui terpisah, maka nilai arus jenuh gabungan wajib dihitung secara proporsional terhadap waktu hijau tiap-tiap fase. Diketahui waktu hijau pada lengan selatan dengan pelepasan ke semua arah bernilai 45 detik dan untuk yang memiliki pelepasan ke arah kiri memiliki nilai 82 detik. Berikut perhitungan arus jenuh dasar pada pendekatan selatan Simpang Borobudur :

$$J_{1+2} = \frac{J_1 \times W_{H1} + J_2 \times W_{H2}}{W_{H1} + W_{H2}}$$

$$J_{1+2} = \frac{3827 \times 45 + 957 \times 82}{45 + 82}$$

$$J_{1+2} = 1974 \text{ smp/jam}$$

Setelah diketahui arus jenuhnya, maka akan dihitung kapasitas dari lengan Selatan Simpang Borobudur. Diketahui waktu hijau pada lengan Selatan Simpang Borobudur yang paling besar adalah 82 detik dan waktu siklus

pada Simpang Borobudur adalah 165 detik sehingga kemudian dapat dihitung sebagai berikut

$$C = 1974 \times \frac{82}{165} = 981 \text{ smp/jam}$$

$$C = 981 \text{ smp/jam}$$

Sehingga didapatkan bahwa nilai kapasitas pada lengan selatan Simpang Borobudur adalah 981 smp/jam. Berikut merupakan hasil perhitungan kinerja setiap lengan pada Simpang Borobudur.

Tabel 5. 16 Kapasitas setiap lengan pada Simpang Borobudur

Pendekat	Arus Jenuh (smp/jam)	Waktu Hijau (detik)	Waktu Siklus (detik)	Kapasitas (smp/jam)
Utara	2867	71	165	1234
Selatan	1974	82	165	981
Barat	1496	100	165	907

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

4. Kinerja Simpang Borobudur

a. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DJ) dihitung pada setiap lengan simpang menggunakan persamaan. Berikut adalah perhitungan derajat kejenuhan untuk lengan selatan Simpang Borobudur

$$D_j = 991/981$$

$$D_j = 1,01$$

b. Panjang Antrean

Panjang antrean adalah panjang antrian kendaraan (smp/jam) pada setiap lengan simpang yang dihitung menggunakan suatu persamaan. Berikut adalah perhitungan Panjang Antrean untuk lengan selatan Simpang Borobudur

$$PA = \frac{(52,77 \times 20)}{8}$$

$$PA = 131,91 \text{ m}$$

c. ¹⁹ Tundaan

¹¹ Tundaan di suatu Simpang APILL disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu tundaan akibat lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan akibat kondisi geometrik (T_G). Rata-rata tundaan untuk pendekat ke- i dihitung menggunakan suatu persamaan. Diketahui T_{LL} pada lengan selatan Simpang Borobudur sebesar 67 detik dan T_G pada lengan selatan Simpang Borobudur sebesar 4 detik Sehingga dapat diketahui nilai tundaan lengan selatan Simpang Borobudur yaitu

$$T = 67 + 4$$

$$T = 71 \text{ detik}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan kinerja lalu lintas pada setiap lengan di Simpang Borobudur

Tabel 5. 17 Kinerja pada setiap lengan di Simpang Borobudur

Pendekat	DJ	Panjang Antrean (meter)	Tundaan (detik)
Utara	0,74	144,40	45
Selatan	1,01	131,91	71
Barat	1,39	510,71	221

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

5.2.2 Vissim

Pemodelan Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur dilakukan menggunakan perangkat lunak Vissim untuk menggambarkan kondisi nyata pada simpang yang sedang dianalisis. Dalam tahapan pemodelan ini, terlebih dahulu dilakukan proses kalibrasi dan validasi model. Setelah model eksisting dinyatakan valid, barulah diterapkan skenario rekayasa lalu lintas pada model tersebut.

1. Kalibrasi *Driving Behavior*

Kalibrasi dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan model agar sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Pada model mikrosimulasi, proses kalibrasi dilakukan melalui pendekatan *trial and error* terhadap perilaku pengemudi. Adapun parameter-parameter yang disesuaikan selama proses kalibrasi ini mencerminkan karakteristik pengemudi di Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur.

Tabel 5. 18 Penyesuaian Driving Behavior

Parameter	Nilai Default	Nilai Disesuaikan
<i>Overtake Left</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
<i>Overtake Right</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
<i>Desired Position at Free Flow</i>	<i>Middle of line</i>	<i>Any</i>
<i>Overtake on Same Lane</i>	<i>Off</i>	<i>On right and left</i>
<i>Diamond Shaped Queuing</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
<i>Look Ahead Distance (maximum)</i>	250	225
<i>Look Back Distance (maximum)</i>	148	100
<i>Distance Standing at 0 km/h</i>	1	0,32
<i>Distance driving at 50 km/h</i>	1	0,34
<i>Average Standstill Distance</i>	2	0,52
<i>Additive Part Of Safety Distance</i>	2	0,57
<i>Multiplic Part Of Safety Distance</i>	3	1

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Kalibrasi pada Vissim dilakukan dengan mengubah parameter *driving behavior* tersebut agar nantinya *driving behavior* yang ada pada model sesuai dengan kondisi di lapangan. Nilai perilaku disesuaikan sesuai dengan perkiraan kondisi di lapangan. Proses *trial and error* terhadap parameter *driving behavior* dilakukan secara berulang hingga diperoleh volume lalu lintas dalam model yang mendekati volume aktual di kondisi eksisting. Nilai kalibrasi *driving behavior* diberikan berdasar penelitian dari (Pratiwi & Rusmandani, 2025) lalu dilihat apakah dengan nilai tersebut dapat memberikan hasil yang menyerupai kondisi lapangan. Apabila saat memakai nilai tersebut belum memberikan kondisi yang menyerupai di lapangan maka akan dilakukan perubahan nilai sampai kondisi pada model menyerupai kondisi di lapangan. *Driving Behavior* yang sama atau mirip didasarkan karena secara umum masyarakat memiliki karakteristik berlalu lintas pada wilayah perkotaan yang sama. Validasi dilakukan menggunakan uji GEH untuk memastikan tingkat kesesuaian antara volume hasil simulasi dan volume di lapangan. Selain itu, panjang antrean yang dihasilkan oleh model dibandingkan dengan kondisi nyata di lapangan, dengan acuan landmark sebagai titik verifikasi.

Perubahan nilai dalam parameter *driving behavior* dianggap berhasil apabila antrean yang terbentuk dalam simulasi mencapai *landmark* yang sama seperti yang diamati dalam kondisi eksisting. Berikut merupakan penjelasan dari masing masing *driving behavior*

1. *Overtake Left*

Menggambarkan perilaku pengemudi dalam melakukan manuver mendahului kendaraan lain dari sisi kiri. Umumnya terjadi di kondisi lalu lintas bebas atau saat pengemudi merasa lajur kiri lebih cepat. Pada model perlu disesuaikan agar fitur ini menjadi hidup agar nantinya kendaraan pada model dapat menyerupai kondisi di lapangan yaitu dapat mendahului kendaraan lainnya dari sebelah kiri.

2. *Overtake Right*

Merupakan perilaku menyalip dari sisi kanan. Pada model perlu disesuaikan agar fitur ini menjadi hidup agar nantinya kendaraan pada model dapat menyerupai kondisi di lapangan yaitu dapat mendahului kendaraan lainnya dari sebelah kanan.

3. *Desired Position at Free Flow*

Mengacu pada perilaku pemilihan posisi kendaraan saat berada dalam kondisi lalu lintas lancar. Pengemudi akan cenderung memilih ruang kosong di lajur. Pada model perlu disesuaikan terkait dengan kondisi default pada Vissim yaitu *middle of lane* menjadi *any*. *Middle of lane* berarti bahwa semua kendaraan dalam lajur tersebut akan berbaris di tengah tengah lajur menjadi satu barisan yang lurus dan tidak memerhatikan ruang kosong yang ada. Hal ini tentu saja berbeda dengan kondisi di lapangan dimana kendaraan akan berjalan memenuhi lajur saat di lajur tersebut ada ruang kosong. Maka disini diubah menjadi *any* agar kendaraan pada model dapat mengisi ruang kosong tersebut agar sesuai dengan kondisi aslinya.

4. *Overtake on Same Lane*

Menjelaskan perilaku mendahului tanpa berpindah lajur, biasanya dalam kondisi lalu lintas padat di mana terdapat celah sempit di lajur

yang sama. Pada model perlu disesuaikan agar fitur ini menjadi hidup agar nantinya kendaraan pada model dapat menyerupai kondisi di lapangan yaitu dapat mendahului kendaraan lainnya dari sebelah kiri maupun kanan selama ada ruang kosong yang tersedia.

5. *Diamond Shaped Queuing*

Bentuk antrean kendaraan dengan pola menyerupai belah ketupat, mencerminkan distribusi posisi antar kendaraan dalam antrian di simpang. Pada model perlu disesuaikan agar fitur ini menjadi hidup agar nantinya kendaraan pada model dapat menyerupai kondisi di lapangan. Dalam simulasi biasa, kendaraan dalam antrean sering dianggap berbaris lurus dan rapat seperti balok. Namun, pada kondisi di lapangan kendaraan kecil seperti sepeda motor dapat mempunyai posisi menyebar secara lateral (menyamping), tidak selalu lurus di belakang kendaraan lain. Dengan fitur ini, akan dimodelkan kendaraan dalam antrean dengan bentuk menyerupai belah ketupat (*diamond*), artinya posisi kendaraan sedikit bergeser ke kiri atau kanan. Pada model akan terlihat distribusi kendaraan dalam antrean lebih menyebar dan tidak kaku. Hal ini juga digunakan untuk memodelkan perilaku kendaraan yang tidak sepenuhnya mengikuti jalur (*non-lane-based*), seperti motor yang menyelip di antara mobil.

6. *Look Ahead Distance (maximum)*

Jarak maksimum yang dapat dilihat dan diantisipasi oleh pengemudi terhadap kendaraan atau objek di depannya. Parameter ini penting untuk menentukan respons terhadap situasi lalu lintas. Nilai default bernilai 250 meter tetapi dalam penelitian ini nilai diubah menjadi 225 meter. Nilai default 250 sering kali didasarkan pada kondisi lalu lintas di negara maju mengingat Vissim adalah aplikasi dari Jerman. Di Indonesia, dengan lalu lintas yang lebih padat dan perilaku pengemudi yang berbeda, nilai 225 bisa lebih mencerminkan reaksi aktual pengemudi terhadap kendaraan di depan. Hal ini juga akan menghasilkan respons yang lebih realistis. Dengan jarak pandang yang

sedikit lebih pendek, kendaraan dalam simulasi akan bereaksi lebih cepat dan agresif, sesuai dengan perilaku pengemudi di lingkungan perkotaan yang padat. Penyesuaian ini dilakukan setelah analisis membandingkan hasil model dengan hasil menggunakan data lapangan. Jika simulasi dengan 250 meter menghasilkan antrean atau waktu tempuh yang tidak sesuai dengan kondisi nyata, maka nilai dikurangi untuk mendekati kenyataan dan didapatkan nilai 225 meter.

7. *Look Back Distance (maximum)*

Jarak maksimum yang dipertimbangkan pengemudi terhadap kondisi di belakang kendaraan yang berguna untuk analisis keamanan dan keputusan berpindah lajur. Nilai default bernilai 150 meter tetapi dalam penelitian ini nilai diubah menjadi 100 meter. Hal ini karena pada jalan yang padat di perkotaan, pengemudi cenderung tidak terlalu memperhatikan kendaraan jauh di belakang. Nilai 100 meter mencerminkan jarak perhatian pengemudi terhadap kendaraan di belakang. Nilai 100 menghasilkan perilaku berpindah lajur yang lebih realistis, terutama dalam kondisi lalu lintas padat. Dengan jarak yang lebih pendek, kendaraan hanya mempertimbangkan kendaraan yang benar-benar relevan untuk keputusan berpindah lajur, bukan kendaraan yang terlalu jauh di belakang.

8. *Distance Standing at 0 km/h*

Jarak antar kendaraan ketika berhenti total (kecepatan 0 km/jam). Nilai default bernilai 1 meter tetapi dalam penelitian ini nilai diubah menjadi 0,32 meter. Kondisi di lapangan menunjukkan bahwa kendaraan terutama sepeda motor dan mobil sering berhenti sangat rapat, bahkan kurang dari 0,5 meter. Nilai 0,32 meter mencerminkan jarak antar bumper kendaraan saat berhenti di simpang padat. Lalu lintas di perkotaan khususnya di Kota Malang, banyak kendaraan roda dua menyelinap dan berhenti di antara mobil. Nilai 0,32 ini memungkinkan simulasi antrean yang lebih padat dan realistis, sesuai dengan kondisi

lalu lintas. Adapun jika nilai default 1 meter digunakan, antrean kendaraan bisa terlihat terlalu panjang dibandingkan kondisi nyata. Dengan 0,32 meter, hasil simulasi seperti panjang antrean dan waktu tunggu menjadi lebih akurat.

⁵¹
9. *Distance driving at 50 km/h*

Jarak lateral antar kendaraan saat berjalan dengan kecepatan menengah (50 km/jam). Nilai default bernilai 1 meter tetapi dalam penelitian ini nilai diubah menjadi 0,34 meter. Di lokasi kajian, kendaraan seperti sepeda motor sering menyelip di antara mobil bahkan saat kecepatan sedang. Nilai 0,34 meter memungkinkan simulasi jarak antar kendaraan yang lebih rapat, mencerminkan perilaku aktual di jalan raya. Berdasarkan pengamatan di lokasi kajian menunjukkan bahwa kendaraan sering melaju berdekatan secara lateral saat kondisi padat. Nilai 1 meter dianggap terlalu longgar dan tidak realistis untuk kondisi urban padat. Jika jarak lateral terlalu besar, simulasi akan menunjukkan volume kendaraan lebih rendah dari kenyataan. Dengan 0,34 meter, model dapat meningkatkan kepadatan lalu lintas dan akurasi antrean.

⁵⁴
10. *Average Standstill Distance*

Menunjukkan jarak rata-rata antara kendaraan yang berhenti dalam barisan, Dapat juga diartikan indikator kerapatan lalu lintas saat kendaraan berhenti atau jarak rata-rata antar kendaraan saat berhenti total, misalnya saat antre di lampu merah. Nilai default bernilai 2 meter tetapi dalam penelitian ini nilai diubah menjadi 0,52 meter. Berdasarkan pengamatan di kondisi lapangan menunjukkan kendaraan terutama sepeda motor dan mobil sering berhenti sangat rapat, bahkan kurang dari 1 meter. Nilai 0,52 meter mencerminkan jarak aktual antar kendaraan dalam antrean padat di simpang bersinyal. Terlihat juga adanya kendaraan roda dua menyelip dan berhenti di antara mobil. Nilai ini memungkinkan simulasi antrean yang lebih padat dan realistis, sesuai dengan kondisi *non-lane-based*. Jika menggunakan

nilai default 2 meter, antrean kendaraan dalam simulasi akan terlihat terlalu panjang dibandingkan kondisi nyata. Dengan 0,52 meter, hasil simulasi seperti panjang antrean menjadi lebih akurat dan sesuai dengan data lapangan.

11. *Additive Part Of Safety Distance*

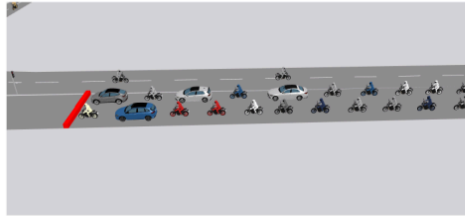
Komponen tambahan dalam perhitungan jarak aman antar kendaraan. Nilai ini ditambahkan secara konstan untuk memastikan jarak minimal dalam berbagai kondisi. Nilai default bernilai 2 meter tetapi dalam penelitian ini nilai diubah menjadi 0,57 meter. Berdasarkan pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa pengemudi sering menjaga jarak yang pendek. Nilai 0,57 meter lebih mencerminkan perilaku pengemudi dalam kondisi perkotaan yang padat. Kondisi lalu lintas yang padat dimana banyak kendaraan roda dua menyelip dan menjaga jarak sangat dekat dengan kendaraan lain juga punya pengaruh. Nilai ini juga memungkinkan simulasi interaksi antar kendaraan yang lebih rapat dan realistis. Penggunaan nilai default 2 meter sering menghasilkan jarak antar kendaraan yang terlalu longgar, sehingga antrean terlihat lebih panjang dari kenyataan. Nilai 0,57 dipilih karena menghasilkan kondisi lebih sesuai dengan data lapangan

12. *Multiplic Part Of Safety Distance*

Nilai yang digunakan dalam perhitungan jarak aman atau parameter penentu jarak aman. Nilai default bernilai 3 meter tetapi dalam penelitian ini nilai diubah menjadi 1 meter. Berdasar pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa pengemudi sering menjaga jarak yang lebih pendek saat berkendara. Nilai 1 lebih mencerminkan perilaku pengemudi cenderung agresif dan terbiasa dengan lalu lintas padat. Terlihat juga adanya kendaraan roda dua menyelip di antara mobil, sehingga jarak antar kendaraan menjadi lebih rapat. Nilai ini memungkinkan simulasi interaksi antar kendaraan yang lebih realistis, terutama dalam kondisi *non-lane-based*. Penggunaan nilai default 3 sering menghasilkan jarak antar kendaraan yang terlalu longgar,

sehingga antrean dan kapasitas jalur dalam simulasi menjadi tidak akurat. Nilai 1 menghasilkan keluaran yang lebih sesuai dengan data lapangan

Setelah proses kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan perilaku mengemudi sesuai dengan perilaku perilaku yang sudah dijelaskan sebelumnya, langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi, yang kemudian dilanjutkan ke tahap validasi.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 40. Visualisasi Sebelum Penyesuaian Driving Behavior



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 41. Visualisasi Setelah Penyesuaian Driving Behavior

2. Validasi Permodelan

Setelah penyesuaian terhadap perilaku pengemudi selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah validasi. Proses validasi ini menggunakan data volume kendaraan dari hasil simulasi selama satu jam, yang kemudian dibandingkan dengan data hasil survei menggunakan metode uji Geoffrey E. Havers (GEH). Suatu model dinyatakan valid apabila nilai GEH berada di bawah 5. Apabila nilai GEH berada di rentang 5 hingga 10, maka

terdapat kemungkinan kesalahan pada model. Namun, jika nilai GEH melebihi 10, maka model dinyatakan tidak valid dan perlu dilakukan proses kalibrasi ulang. Berikut merupakan hasil uji GEH pada pemodelan menggunakan perangkat lunak Vissim :

Tabel 5. 19 Validasi Permodelan Vissim

Pendekat	Q Observasi	Q Simulasi	GEH	Keterangan
Utara Simping L.A.Sucipto	2693	2516	1,13	Diterima
Timur Simping L.A.Sucipto	2252	2263	0,68	Diterima
Selatan Simping Borobudur	2584	2624	0,23	Diterima
Barat Simping Borobudur	4339	4406	3,47	Diterima

¹
(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Hasil dari uji validasi di atas menunjukkan bahwa model telah memenuhi kriteria validitas atau sudah menggambarkan kondisi nyata di lapangan. Hal ini berarti penyesuaian terhadap perilaku pengemudi sudah tepat. Oleh karena itu, langkah berikutnya adalah penerapan rekayasa lalu lintas dalam pemodelan Vissim serta melakukan perhitungan terhadap kinerja dari hasil pemodelan tersebut

3. Kinerja Eksisting Menggunakan Vissim

Pada pemodelan Vissim, untuk kinerja simpang digunakan parameter panjang antrean dan tundaan. Berikut merupakan hasil panjang antrean dan tundaan kondisi eksisting menggunakan permodelan Vissim.

Tabel 5. 20 Kinerja Eksisting Vissim

Pendekat	Q Length (m)	Veh Delay (det)
Utara Simping L.A.Sucipto	171	43
Selatan Simping L.A.Sucipto	135	70
Timur Simping L.A.Sucipto	159	183
Utara Simping Borobudur	77	16
Selatan Simping Borobudur	113	46
Barat Simping Borobudur	510	64

⁷
(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Pada permodelan Vissim, dapat terlihat bahwa panjang antrean terpanjang terdapat di lengan Barat Simping Borobudur dengan panjang antrean

mencapai 510 meter. Untuk tundaan terbesar terdapat pada lengan Timur Simpang LA Sucipto dengan nilai tundaan sebesar 183 detik.

5.2.3 Tingkat Pelayanan Berdasarkan PM 96 Tahun 2015

Berdasarkan perhitungan kinerja eksisting menggunakan PKJI 2023 dan permodelan Vissim maka didapatkan kinerja simpang berupa tundaan. Dari nilai tundaan tersebut akan disandingkan dengan nilai yang ada pada PM 96 Tahun 2015 untuk mengetahui **Tingkat Pelayanan pada suatu** lengan **simpang**. Berikut merupakan **tingkat pelayanan** setiap lengan **simpang** berdasarkan **PM 96 Tahun 2015** yang sebelumnya telah ditampilkan pada **Tabel 3. 7**:

Tabel 5. 21 Tingkat Pelayanan berdasar PM 96 Tahun 2015

Pendekat	Tundaan PKJI 2023 (detik)	Tingkat Pelayanan	Tundaan VISSIM (detik)	Tingkat Pelayanan
Utara Simpang L.A.Sucipto	90	F	43	E
Selatan Simpang L.A.Sucipto	58	E	70	F
Timur Simpang L.A Sucipto	46	E	183	F
Utara Simpang Borobudur	45	E	16	C
Selatan Simpang Borobudur	71	F	46	E
Barat Simpang Borobudur	221	F	64	F

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Berdasarkan data tersebut, menurut hasil dari PKJI 2023 diketahui pada lengan Utara Simpang Borobudur memiliki tingkat pelayanan paling baik yaitu E dengan nilai tundaan sebesar 46 detik. Sedangkan pada lengan Barat Simpang Borobudur memiliki tingkat pelayanan paling buruk yaitu F dengan nilai tundaan sebesar 221 detik. Kemudian menurut hasil dari VISSIM diketahui pada lengan Utara Simpang memiliki tingkat pelayanan paling baik yaitu C dengan nilai tundaan sebesar 16 detik. Sedangkan pada lengan Timur Simpang LA Sucipto memiliki tingkat pelayanan paling buruk yaitu F dengan nilai tundaan sebesar 183 detik

Berdasarkan data yang diperoleh, terlihat adanya perbedaan antara hasil perhitungan menggunakan PKJI 2023 dengan hasil keluaran dari perangkat lunak

Vissim. Perbedaan ini wajar terjadi karena kedua metode memiliki pendekatan analisis yang berbeda secara mendasar. Pada perhitungan menggunakan PKJI 2023, analisis dilakukan secara parsial atau individual terhadap masing-masing simpang, tanpa mempertimbangkan pengaruh dari simpang lain di sekitarnya. PKJI lebih berasumsi bahwa setiap simpang beroperasi secara terpisah dan tidak terganggu oleh lalu lintas dari simpang lainnya. Sebaliknya, simulasi menggunakan Vissim bersifat mikroskopis dan dinamis, di mana model mempertimbangkan interaksi antar kendaraan secara *real-time*, termasuk pengaruh dari simpang lain yang berdekatan. Pada lokasi kajian yang memiliki dua simpang dengan jarak yang cukup dekat, arus lalu lintas dari satu simpang dapat memengaruhi kinerja simpang lainnya, seperti dalam hal panjang antrean, pola pelepasan kendaraan, serta efisiensi waktu siklus sinyal. Dengan demikian, hasil dari Vissim cenderung lebih kompleks dan merepresentasikan kondisi aktual di lapangan, terutama dalam konteks kinerja simpang yang berdekatan. Oleh karena itu dipakai kinerja keluaran dari Vissim karena dampak oleh dua simpang yang berdekatan lebih terlihat.

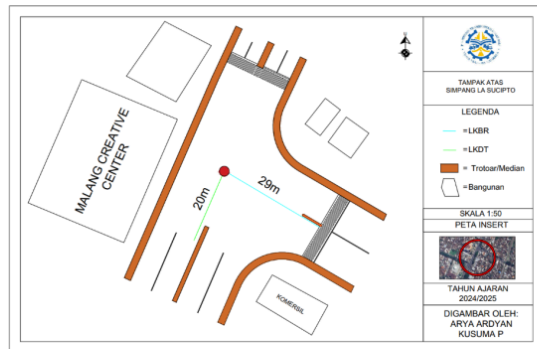
5.3 Analisis Perencanaan Skenario Perbaikan

Setelah didapatkan kinerja dari eksisting, dapat dilihat bahwa pada kondisi tersebut menghasilkan nilai DJ tinggi sehingga membutuhkan perbaikan. Dalam perbaikan sendiri terdapat perbaikan dari yang paling murah yaitu melakukan penyesuaian pada waktu hijau setiap lengannya hingga yang mahal yaitu mengubah geometrik simpang. Skenario perbaikan yang diusulkan nantinya diharapkan mampu menurunkan panjang antrean dan tundaan pada simpang. Adapun beberapa skenario perbaikan yang dapat diterapkan pada Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur yaitu sebagai berikut.

5.3.1 Penyesuaian Waktu Siklus APILL

Penyesuaian Waktu Siklus APILL yang merupakan skenario perbaikan 1 dilakukan dengan mengubah durasi waktu hijau hingga mendapatkan tundaan dan panjang antrian yang menurun. Skenario perbaikan tersebut yaitu dengan menggunakan PKJI 2023 dalam penentuan siklus, waktu hijau, dan waktu hilang total pada simpang kajian. Pada penyesuaian waktu siklus diperhitungkan kembali

terkait dengan waktu merah semua yang akan diterapkan berdasarkan LKBR dan LKDT. LKBR adalah jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dalam meter. LKDT adalah jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang datang dalam meter. Jarak yang digunakan untuk perhitungan LKBR dan LKDT adalah kendaraan yang berada di paling kanan pada *stopline* karena kendaraan tersebut adalah kendaraan pertama yang akan berangkat atau baru saja datang. Berikut merupakan visualisasi jarak dari LKDT dan LKBR pada Simpang LA Sucipto



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 42. Visualisasi Jarak dari LKDT dan LKBR pada Simpang LA Sucipto

Adapun dalam mencari nilai Waktu Merah Semua pada Simpang LA.

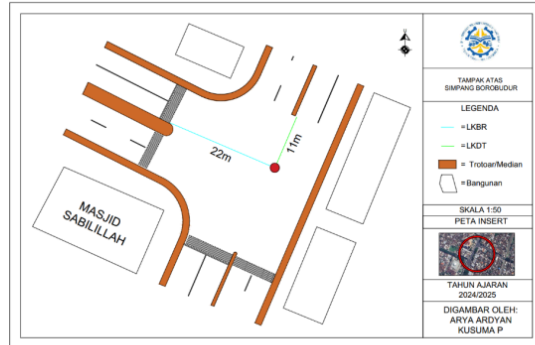
Sucipto dapat dilakukan melalui perhitungan sebagai berikut :

$$W_{MS} = \frac{LKBR + PKBR}{VKBR} - \frac{LKDT}{VKDT}$$

$$W_{MS} = \frac{29 + 5}{10} - \frac{20}{10}$$

$$W_{MS} = 1,4 \approx 2$$

Adapun berikut merupakan visualisasi jarak dari LKDT dan LKBR pada Simpang Borobudur



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 43. Visualisasi Jarak dari LKDT dan LKBR pada Simpang Borobudur

Adapun dalam mencari nilai Waktu Merah Semua pada Simpang Borobudur dapat dilakukan melalui perhitungan sebagai berikut :

$$W_{MS} = \frac{LKBR + PKBR}{VKBR} - \frac{LKDT}{VKDT}$$

$$W_{MS} = \frac{22 + 5}{10} - \frac{11}{10}$$

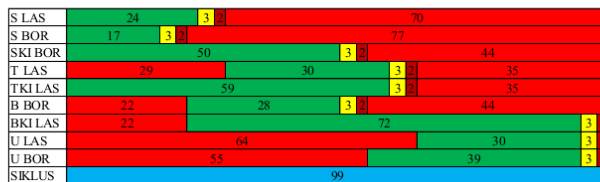
$$W_{MS} = 1,6 \approx 2$$

Dalam perhitungan tersebut, ¹⁹ PKBR adalah panjang kendaraan yang berangkat dalam meter dan PKBR memiliki nilai sebesar 5m untuk Mobil penumpang atau Kendaraan Sedang sesuai dengan ketentuan pada PKJI 2023.. VKBR adalah kecepatan untuk masing-masing kendaraan berangkat dalam m/det. ⁴⁹ VKDT adalah kecepatan untuk masing-masing kendaraan datang dalam m/det. Adapun nilai VKBR dan VKDT sudah diatur dalam PKJI 2023 yaitu VKDT bernilai 10m/det (kendaraan bermotor) dan nilai VKBR bernilai 10m/det (kendaraan bermotor), 3m/det (kendaraan tidak bermotor misalnya sepeda), dan 1,2 m/det (pejalan kaki). Dari perhitungan dan data tersebut ditemukan bahwa

nilai waktu merah semua yang sesuai untuk simpang kajian adalah 2 detik yang kemudian disesuaikan pada pengaturan waktu siklus yang baru.

Penentuan waktu siklus dapat menggunakan rumus dari PKJI 2023 sebagai mana pada **Persamaan 3.12**. Dikarenakan pada perhitungan tersebut dipengaruhi Rasio Arus Simpang (RAS), maka jika RAS diatas 1 persamaan tersebut tidak bisa digunakan karena menimbulkan nilai negatif. Kemudian dalam menentukan waktu siklus serta waktu hijau yang baru dapat dilakukan *trial and error* dengan menggunakan batas waktu siklus maksimal sesuai jumlah fase suatu simpang sebagaimana disebutkan dalam **Tabel 3. 5**

Pada simpang kajian diketahui nilai RAS berada diatas 1 pada kondisi eksisting dan memiliki 3 fase. Dalam 3 fase diketahui bahwa batas waktu siklus maksimal adalah 100 detik. Kemudian dilakukan penentuan waktu hijau setiap fasenya dan ditemukan waktu siklus baru bernilai 99. Berikut merupakan diagram fase dari hasil penyesuaian waktu siklus pada Simpang LA. Sucipto dan Simpang Borobudur.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 44. Diagram Fase Simpang LA. Sucipto dan Simpang Borobudur hasil penyesuaian

Keterangan :

- S LAS : Pelepasan lengan selatan semua arah Simpang LA Sucipto
- S BOR : Pelepasan lengan selatan semua arah Simpang Borobudur
- SKI BOR : Pelepasan lengan selatan arah ke kiri Simpang Borobudur
- T LAS : Pelepasan lengan timur semua arah Simpang LA Sucipto
- TKI LAS : Pelepasan lengan timur arah kiri Simpang LA Sucipto
- B BOR : Pelepasan lengan barat semua arah Simpang Borobudur
- BKI LAS : Pelepasan lengan barat arah kiri Simpang LA Sucipto
- U LAS : Pelepasan lengan utara semua arah Simpang LA Sucipto

U BOR : Pelepasan lengan utara semua arah Simpang Borobudur

Setelah menerapkan waktu siklus dan fase setelah resetting, maka didapatkan perubahan kinerja sebagai berikut

Tabel 5. 22 Perubahan Kinerja Setelah Resetting

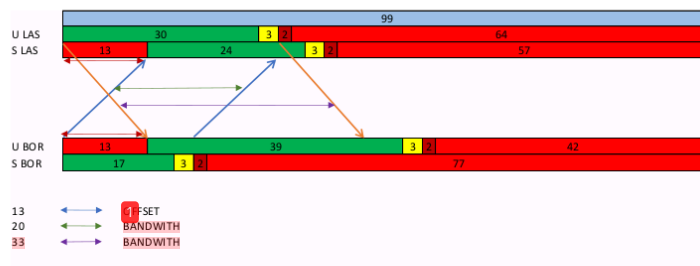
Pendekat	Eksisting		Hasil Skenario		Persentase	
	Q Length (m)	Veh Delay (det)	Q Length (m)	Veh Delay (det)	Q Length (m)	Veh Delay (det)
Utara Simpang L.A.Sucipto	171	43	140	44	-18%	2%
Selatan Simpang L.A.Sucipto	135	70	81	65	-40%	-7%
Timur Simpang L.A.Sucipto	159	183	127	54	-20%	-70%
Utara Simpang Borobudur	77	16	61	10	-21%	-38%
Selatan Simpang Borobudur	113	46	83	45	-27%	-2%
Barat Simpang Borobudur	510	64	164	32	-68%	-50%

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Berdasarkan hasil analisis dengan menerapkan skenario tersebut, dapat dilihat terjadi penurunan panjang antrian pada semua pendekat. Dapat dilihat penurunan paling signifikan pada panjang antrean berada pada pendekat Barat Simpang Borobudur dengan penurunan 68 persen. Lalu untuk penurunan paling signifikan pada tundaan ada pada pendekat Timur Simpang LA Sucipto dengan nilai 70 persen. Secara keseluruhan skenario ini dapat menurunkan nilai panjang antrean dan tundaan pada tiap pendekat dengan nilai penurunan total untuk panjang antrean 32 persen dan tundaan 27 persen.

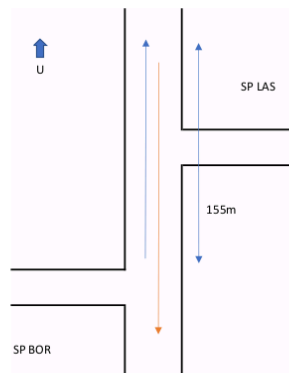
5.3.2 Penyesuaian Koordinasi Simpang APILL

Penyesuaian Koordinasi Simpang sebagai skenario perbaikan 2 dilakukan untuk mengatur kembali antara waktu siklus di kedua simpang dengan waktu *offset* antar simpang. Hal ini dilakukan karena pada kondisi eksisting belum terlihat adanya penerapan *offset* sebagaimana yang harusnya ada pada simpang yang dikoordinasikan. Perlu adanya penyesuaian agar koordinasi antar simpang dapat berfungsi sesuai dengan prinsip *green wave*, sehingga arus lalu lintas dapat mengalir lebih baik. Berikut adalah diagram *Offset* dan *Bandwith* Simpang kajian.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 45. Diagram *Offset* dan *Bandwidth* Simpang Kajian



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 46. Visualisasi Pergerakan pada Simpang

Berdasarkan hasil analisis pada diagram ruang dan waktu yang ditampilkan pada gambar di atas, didapatkan nilai *offset* sebesar 13 detik yang menunjukkan waktu tempuh kendaraan antara Simpang LA Sucipto dan Simpang Borobudur atau sebaliknya. Selain itu, hasil perhitungan juga menunjukkan bahwa *bandwidth* yang dihasilkan adalah sebesar 33 detik, yang menggambarkan selisih waktu awal lampu hijau antara kedua simpang tersebut. Pengaturan ini bertujuan untuk menjaga kelancaran arus kendaraan (*platoon*) di kedua arah, sekaligus meminimalkan antrean dan waktu tunggu di kedua persimpangan yang diharapkan dapat mengurangi panjang antrean kendaraan serta menurunkan waktu tundaan pada kedua simpang tersebut.

Setelah penerapan penyesuaian waktu siklus dan pengaturan koordinasi simpang terjadi perubahan kinerja lalu lintas. Berikut merupakan kinerja hasil dari penyesuaian waktu hijau dan pengaturan koordinasi simpang.

Tabel 5. 23 Perubahan Kinerja Setelah Resetting dan Penyesuaian Koordinasi

Pendekat	Eksisting		Hasil Skenario		Persentase	
	Q Length (m)	Veh Delay (det)	Q Length (m)	Veh Delay (det)	Q Length (m)	Veh Delay (det)
Utara Simpang L.A.Sucipto	171	43	151	51	-12%	19%
Selatan Simpang L.A.Sucipto	135	70	110	33	-19%	-53%
Timur Simpang L.A.Sucipto	159	183	65	45	-59%	-75%
Utara Simpang Borobudur	77	16	60	4	-22%	-75%
Selatan Simpang Borobudur	113	46	82	44	-27%	-4%
Barat Simpang Borobudur	510	64	133	32	-74%	-50%

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

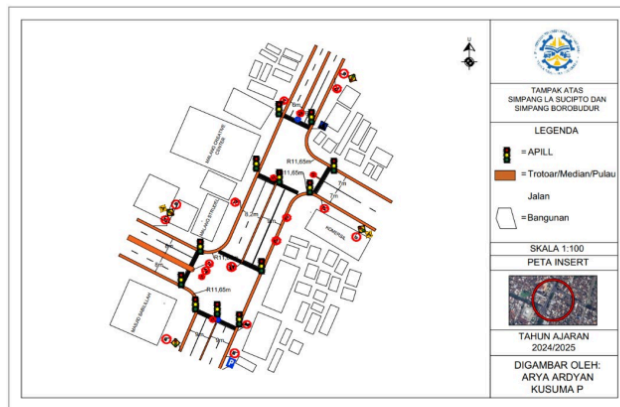
Berdasarkan hasil analisis dengan menerapkan scenario tersebut, dapat dilihat terjadi penurunan panjang antrian pada semua pendekat. Dapat dilihat penurunan paling signifikan ada pada pendekat barat dengan penurunan 74 persen pada Panjang antrean dan pendekat timur Simpang LA. Sucipto dan utara Simpang Borobudur dengan penurunan 75 persen pada tundaan. Secara keseluruhan skenario ini dapat menurunkan nilai panjang antrean dan tundaan pada tiap pendekat. Secara keseluruhan skenario ini dapat menurunkan nilai panjang antrean dan tundaan pada tiap pendekat dengan nilai penurunan total untuk panjang antrean 35 persen dan tundaan 40 persen.

5.3.3 Pengaturan Waktu Siklus APILL, Koordinasi, dan Penyesuaian geometri

Setelah dilakukan penyesuaian waktu siklus dan pengaturan koordinasi antar simpang, skenario yang bisa diterapkan yaitu pengaturan geometri simpang sesuai standar geometrik simpang yang diatur dalam Perencanaan Teknis Geometrik Simpang Tahun 2024 yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Hal ini bertujuan untuk mengatur kembali radius putar pada setiap lengan simpang yang nantinya didapatkan manuver kendaraan menjadi lebih baik serta menjadikan arus lalu lintas lebih lancar. Dalam perubahan radius tikung yang

dilakukan, disini dirubah radius tikung yang berada di antara pendekat utara dan pendekat timur Simpang LA Sucipto yang awalnya senilai 8,98 meter menjadi 11,65 meter. Pada radius tikung yang berada di antara pendekat timur dan pendekat selatan Simpang LA Sucipto yang awalnya senilai 8,51 meter menjadi 11,65 meter. Kemudian diubah juga radius tikung yang berada di antara pendekat utara dan pendekat barat Simpang Borobudur yang awalnya senilai 7,87 meter menjadi 11,65 meter. Pada radius tikung yang berada di antara pendekat barat dan pendekat selatan Simpang Borobudur yang awalnya senilai 8,66 meter menjadi 11,65 meter.

Perubahan ini disesuaikan dengan yang ada pada Perencanaan Teknis Geometrik Simpang Tahun 2024 yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga dimana terdapat ketentuan radius tikung untuk persimpangan jika simpang tersebut dilewati berbagai kendaraan dan untuk ketentuan tersebut sudah dilakukan pada perubahan kali ini. Disesuaikan juga terkait penambahan 1 meter pada setiap lengan simpang. Kombinasi antara ketiga skenario tersebut sebagai skenario perbaikan 3 diharapkan dapat menimbulkan kondisi yang paling baik. Adapun setelah dilakukan penyesuaian dengan pedoman tersebut, desain yang dihasilkan sebagai berikut.



(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Gambar 47. Perbaikan Desain Geometri Simpang

Penyesuaian Geometrik Simpang juga didukung dengan pemasangan perlengkapan jalan berupa rambu ataupun marka. Hal ini bertujuan untuk memberikan informasi kepada pengguna jalan terkait ketentuan yang berlaku di simpang serta mendukung keselamatan pengguna jalan. Berikut adalah penambahan rambu yang diberikan pada simpang kajian

1. Rambu APILL

Diperlukan pemasangan rambu APILL pada setiap kaki simpang dengan jarak sekitar 50 meter dari *stop line*. Hal ini akan memberikan informasi kepada pengguna jalan bahwa di depan akan ada Simpang Bersinyal.

2. Rambu Pembatas Kecepatan 40 km/jam

Untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas, perlu diberlakukan pembatasan kecepatan menjadi maksimal 40 km/jam sebelum memasuki kawasan simpang.

3. Rambu Peringatan Simpang Tiga

Hasil inventarisasi menunjukkan tidak adanya rambu peringatan simpang tiga di lokasi. Perlu untuk memberikan informasi kepada pengemudi bahwa mereka akan memasuki simpang tiga

4. Rambu Larangan Memutar

Rambu ini dipasang untuk menghindari konflik lalu lintas akibat pergerakan putar balik pada simpang.

5. Pemasangan *Stop Line* dan *Zebra Cross*

Pemasangan *stop line* di setiap pendekatan menjadi penting sebagai tanda batas kendaraan berhenti. Selain itu, *zebra cross* juga harus disediakan untuk menunjang keselamatan pejalan kaki saat menyeberang di simpang tersebut.

Setelah dikombinasikan antara ketiga skenario tersebut maka didapatkan perubahan kinerja lalu lintas dari kondisi eksisting. Berikut merupakan perubahan kinerja dari kondisi eksisting ke kondisi skenario.

Tabel 5. 24 Perubahan Kinerja Setelah Resetting, Penyesuaian Koordinasi, dan Perubahan Geometri

Pendekat	Eksisting		Hasil Skenario		Persentase	
	Q Length (m)	Veh Delay (det)	Q Length (m)	Veh Delay (det)	Q Length (m)	Veh Delay (det)
Utara Simpang L.A.Sucipto	171	43	98	36	-43%	-16%
Selatan Simpang L.A.Sucipto	135	70	59	31	-56%	-56%
Timur Simpang L.A.Sucipto	159	183	97	46	-39%	-75%
Utara Simpang Borobudur	77	16	45	4	-42%	-75%
Selatan Simpang Borobudur	113	46	84	41	-26%	-11%
Barat Simpang Borobudur	510	64	111	30	-78%	-53%

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Berdasarkan hasil analisis dengan menerapkan skenario tersebut, dapat dilihat terjadi penurunan panjang antrian pada semua pendekat. Dapat dilihat penurunan paling signifikan terhadap panjang antrean ada pada pendekat Barat Simpang Borobudur dengan penurunan 79 persen. Lalu penurunan paling signifikan terhadap tundaan ada pada pendekat Timur Simpang LA Sucipto dan Utara Simpang Borobudur dengan penurunan 75 persen. Secara keseluruhan skenario ini dapat menurunkan nilai panjang antrean dan tundaan pada tiap pendekat dengan nilai penurunan total untuk panjang antrean 47 persen dan tundaan 48 persen.

5.3.4 Performance Indeks (PI)

Performance Index (Indeks Kinerja) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur seberapa baik kinerja suatu proyek dibandingkan dengan target tertentu (Ghanim & Abu-Lebdeh, 2015). Indeks ini biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase atau angka. Indeks kinerja jaringan (PI) juga bisa diartikan sebagai kombinasi linear dari estimasi penundaan dan jumlah pemberhentian yang dialami oleh setiap kendaraan per satuan waktu untuk semua fase sinyal berdasarkan rencana pengaturan waktu tertentu di semua persimpangan dalam suatu jaringan. Optimasi yang dilakukan bertujuan untuk meminimumkan *Performance Index* (Aisyah Putri Elmanda, Zulfhazli, 2016). Untuk nilai indikator perhitungannya

diambil dari hasil Vissim yaitu *Vehicle Delay* dan *Stops Delay*. Berikut merupakan perhitungan Performance Indeks pada kondisi Eksisting dan setelah diterapkan skenario perbaikan.

Tabel 5. 25 *Stops Delay* pada Setiap Skenario

Pendekat	Stop Delays Eksisting	Stop Delays Skenario 1	Stop Delays Skenario 2	Stop Delays Skenario 3
Utara Simpang L.A.Sucipto	34	32	38	25
Selatan Simpang L.A.Sucipto	159	36	30	20
Timur Simpang L.A.Sucipto	56	47	21	31
Utara Simpang Borobudur	11	4	1	1
Selatan Simpang Borobudur	34	32	32	12
Barat Simpang Borobudur	45	22	22	21

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Eksisting :

$$PI = W \times w_i \times d_i + k/100 \times k_i \times s_i$$

$$PI = 1 \times 1 \times 409 + 1/100 \times 10 \times 339$$

$$PI = 442,9$$

Skenario Perbaikan 1 :

$$PI = W \times w_i \times d_i + k/100 \times k_i \times s_i$$

$$PI = 1 \times 1 \times 241 + 1/100 \times 10 \times 173$$

$$PI = 258,3$$

Pada perhitungan tersebut, W adalah biaya per tundaan, w_i adalah bobot untuk tundaan, d_i adalah tundaan, k_i adalah bobot stop, dan s_i adalah jumlah stop. Masing masing bobot tersebut didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh (Ghanim & Abu-Lebdeh, 2015) dimana nilai bobot tundaan adalah 1 dan bobot stop adalah 10. Berdasarkan perhitungan tersebut ditemukan adanya penurunan nilai PI dari kondisi eksisting dan kondisi setelah penerapan skenario perbaikan. Berikut adalah rekap dari PI pada setiap skenario.

Tabel 5. 26 Nilai *Perfromance Index* pada Setiap Skenario

	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
PI	442,9	258,3	224,4	199

(Sumber : Hasil Analisis Pribadi)

Dikarenakan ada penurunan nilai PI dari 442,9 menjadi 258,3 pada skenario 1 maka kinerja pada skenario perbaikan menjadi kondisi yang lebih baik. Dapat dilihat pula bahwa nilai PI paling baik ada di skenario tiga yaitu menerapkan koordinasi dan perubahan geometri yang kemudian didapatkan nilai PI sebesar 199. Sehingga secara keseluruhan skenario 3 mendapatkan nilai PI paling baik daripada skenario lainnya.

5.4 Pembahasan

5.4.1 Tata Guna Lahan Lokasi Kajian

Tata guna lahan pada lokasi kajian diketahui tergolong pada komersil sedang yang berpengaruh terhadap perhitungan kinerja simpang. Adapun terkait hubungan tata guna lahan dengan kinerja simpang yaitu berkaitan dengan aktifitas pada pendekatan simpang yang berupa pertokoan yang termasuk dalam tata guna lahan komersial sedang. Keberadaan fungsi lahan komersial menciptakan arus kendaraan dan dapat juga mengakibatkan adanya pejalan kaki yang cukup tinggi khususnya pada jam operasional toko. Hal ini berdampak langsung terhadap kinerja simpang.

Tata guna lahan tersebut akan mempunyai pengaruh pada pola lalu lintas, seperti seringnya kendaraan berhenti untuk aksesibilitas ke toko dan menyebabkan tingginya arus kendaraan belok terutama pada jam operasional toko. Keterkaitan antara tata guna lahan komersial sedang dengan kinerja simpang juga dilihat dari aktivitas komersial menarik lebih banyak kendaraan termasuk kendaraan niaga dan pengunjung sehingga dapat meningkatkan arus lalu lintas, mengurangi kapasitas simpang, dan memicu kemacetan. Faktor tata guna lahan komersial sedang harus dipertimbangkan secara menyeluruh, termasuk pengaruhnya terhadap kinerja lalu lintas simpang. Hubungan antara tata guna lahan komersial dan kinerja simpang secara langsung membentuk dinamika lalu

lintas di simpang kajian. Hubungan antara tata guna lahan dan kinerja simpang muncul melalui aktivitas lalu lintas yang dipicu oleh fungsi lahan tersebut. Hal tersebut akan berdampak pada kinerja simpang. Sehingga perlu diperhitungan juga pada perhitungan kinerja simpang dan pada perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan PKJI 2023 sudah diperhitungkan juga terkait faktor koreksi hambatan samping berupa komersial sedang.

5.4.2 Permasalahan pada Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting dapat dilihat ada beberapa permasalahan pada simpang seperti koordinasi simpang yang dinilai kurang efektif karena menimbulkan panjang antrean yang cukup panjang saat jam sibuk, waktu siklus yang terlalu lama, dan kebiasaan pengendara yang mengantri melebihi *stopline*. Hal ini tentunya akan memengaruhi kinerja pada kondisi eksisting sehingga dibutuhkan perbaikan. Koordinasi antar simpang yang dinilai kurang efektif menyebabkan antrean kendaraan yang cukup panjang pada jam-jam sibuk. Panjang antrean ini mengindikasikan ketidakseimbangan distribusi waktu hijau antar pendekat yang juga menandakan ketidakseimbangan antara volume lalu lintas dan kapasitas simpang. Hal ini juga menunjukkan bahwa pengaturan waktu *offset* dan pelepasan fase antar simpang belum optimal, sehingga *platoon* kendaraan tidak dapat mengalir secara lancar dari satu simpang ke simpang lainnya.

Durasi siklus yang terlalu lama juga memperburuk kondisi dimana ini menyebabkan penumpukan kendaraan di satu fase yaitu di pendekat minor. Hal ini dapat menyebabkan waktu tunggu yang berlebihan. Selain itu, perilaku pengendara yang sering kali melampaui garis henti (*stopline*) turut memperburuk kondisi lalu lintas, karena berisiko mengganggu ruang pergerakan kendaraan lain, meningkatkan tundaan, dan memperbesar potensi kecelakaan. Permasalahan-permasalahan ini secara keseluruhan berdampak negatif terhadap kinerja simpang baik dari kelancaran arus lalu lintas maupun keselamatan. Pelanggaran garis henti oleh pengendara meningkatkan risiko tabrakan. Keseluruhan permasalahan ini berkontribusi terhadap kinerja simpang sehingga diperlukan perbaikan seperti

pengaturan waktu siklus, penyesuaian geometri simpang, dan peningkatan disiplin lalu lintas, guna meningkatkan kinerja simpang ke depannya.

Untuk mengatasi masalah ini, pada penelitian ini sudah diberikan terkait beberapa skenario perbaikan untuk meningkatkan kinerja simpang. Skenario perbaikan yang dilakukan yaitu berupa penyesuaian waktu siklus, penyesuaian waktu siklus dan pengaturan koordinasi simpang, dan kombinasi antara penyesuaian waktu siklus, koordinasi simpang, serta penyesuaian geometrik. Untuk mengatasi kebiasaan pengendara yang melanggar, diperlukan edukasi pengendara melalui kampanye keselamatan atau kerja sama dengan aparat penegak hukum.

5.4.3 Kecelakaan pada Lokasi Kajian

Terkait dengan masalah keselamatan, tercatat berdasarkan data dari kepolisian terdapat 11 laka yang terjadi dalam simpang tersebut selama lima tahun terakhir yang didominasi pengendara sepeda motor yang secara statistik merupakan kelompok paling rentan terhadap kecelakaan lalu lintas. Tingginya angka kecelakaan ini mengindikasikan adanya potensi bahaya yang perlu segera ditangani. Perlu dilakukan perbaikan baik dari segi pengaturan ataupun dari segi kebiasaan pengemudi sehingga nantinya tercipta keselamatan pada simpang tersebut.

Beberapa faktor penyebab yang berkontribusi terhadap tingginya angka kecelakaan meliputi kurangnya pengaturan lalu lintas yang optimal, seperti durasi sinyal lampu yang tidak proporsional serta rendahnya kedisiplinan pengendara dalam mematuhi aturan berlalu lintas, seperti berhenti melebihi garis henti akan menambah potensi tersebut. Waktu siklus yang terlalu lama membuat pengendara yang mengantri di lengan minor akan tetap melaju walaupun waktu hijau di fase tersebut sudah habis dan sudah dimulai waktu hijau di pendekatan lainnya. Hal ini membuat ekor terakhir dari iringan kendaraan pada lengan minor tersebut berpotensi tinggi mengalami laka dengan kendaraan yang baru saja lepas dari pendekatan lainnya yang baru saja mendapatkan waktu hijau sehingga hal ini dapat menimbulkan potensi kecelakaan yang tinggi.

Dalam pengaturan simpang tersebut dapat diterapkan beberapa skenario perbaikan sebagaimana yang sudah ada penelitian ini. Skenario perbaikan yang dilakukan yaitu berupa penyesuaian waktu siklus, penyesuaian waktu siklus dan pengaturan koordinasi simpang, dan kombinasi antara penyesuaian waktu siklus, koordinasi simpang, serta penyesuaian geometric diharapkan dapat menurunkan potensi kecelakaan tersebut.

5.4.4 Penyesuaian Waktu Siklus APILL

Berdasarkan hasil analisis penerapan skenario yang dilakukan, terlihat adanya penurunan panjang antrean di semua pendekat, menunjukkan bahwa skenario yang diterapkan memberikan dampak positif terhadap kelancaran lalu lintas. Penurunan paling signifikan terjadi pada pendekat Barat Simpang Borobudur dengan penurunan antrean sebesar 68 persen, merupakan hal yang baik mengingat tingginya volume kendaraan di area tersebut. Sementara itu, dari segi penurunan tundaan (*delay*), pendekat Timur Simpang LA Sucipto mencatat penurunan tundaan paling besar dengan nilai 70 persen menunjukkan bahwa skenario ini tidak hanya mengurangi antrean tetapi juga meningkatkan efisiensi pergerakan kendaraan. Secara keseluruhan, skenario ini berhasil menurunkan total panjang antrean sebesar 32 persen dan total tundaan sebesar 27 persen di semua pendekat. Hasil ini mengindikasikan bahwa pengaturan sinyal yang diterapkan telah berhasil mengoptimalkan arus kendaraan. Penurunan antrean dan tundaan ini tidak hanya meningkatkan kinerja persimpangan, tetapi juga berpotensi mengurangi emisi kendaraan dan meningkatkan kenyamanan pengguna jalan. Hal ini juga didukung dengan *Performance Index* yang menurun pada skenario ini.

Adapun terkait hasil yang didapatkan dari Vissim, maka pada kondisi setelah pemberian skenario ini didapatkan tingkat pelayanan lalu lintas berdasarkan PM 96 Tahun 2015 berupa tundaan senilai 44 detik dan memiliki tingkat pelayanan E. pada lengan utara Simpang L.A Sucipto. Untuk tundaan lengan selatan Simpang L.A Sucipto senilai 65 detik dan memiliki tingkat pelayanan F. Lalu tundaan lengan timur Simpang L.A Sucipto senilai 54 detik dan memiliki tingkat pelayanan E. Untuk tundaan lengan utara Simpang Borobudur senilai 10 detik dan memiliki tingkat pelayanan B. Untuk tundaan lengan selatan

Simpang Borobudur senilai 45 detik dan memiliki tingkat pelayanan E. Kemudian tundaan lengan barat Simpang Borobudur senilai 32 detik dan memiliki tingkat pelayanan D.

5.4.5 Penyesuaian Koordinasi Simpang APILL

Berdasarkan hasil analisis penerapan skenario yang dilakukan, terlihat adanya penurunan panjang antrean di semua pendekat, membuktikan efektivitas intervensi yang dilakukan. Pencapaian tertinggi terlihat pada pendekat Barat dengan penurunan antrean mencapai 74 persen merupakan hal baik mengingat tingginya volume lalu lintas di area tersebut. Sementara itu, pendekat Timur Simpang LA Sucipto dan Utara Simpang Borobudur mencatat penurunan tundaan (*delay*) terbesar senilai 75 persen, menunjukkan bahwa skenario ini tidak hanya berhasil mengurangi panjang antrean tetapi juga secara signifikan meningkatkan efisiensi pergerakan kendaraan. Secara keseluruhan, penerapan skenario ini berhasil menurunkan total panjang antrean sebesar 35 persen dan total tundaan sebesar 40 persen di seluruh pendekat. Hal ini mengindikasikan bahwa skenario yang diterapkan berupa koordinasi sinyal lalu lintas berhasil meningkatkan kinerja persimpangan. Penurunan antrean dan tundaan ini tidak hanya meningkatkan kinerja persimpangan, tetapi juga berpotensi mengurangi emisi kendaraan dan meningkatkan kenyamanan pengguna jalan. Hal ini juga didukung dengan *Performance Index* yang menurun pada skenario ini.

Adapun terkait hasil yang didapatkan dari Vissim, maka pada kondisi setelah pemberian skenario ini didapatkan tingkat pelayanan lalu lintas berdasarkan PM 96 Tahun 2015 berupa tundaan senilai 51 detik dan memiliki tingkat pelayanan E. pada lengan utara Simpang L.A Sucipto. Untuk tundaan lengan selatan Simpang L.A Sucipto senilai 33 detik dan memiliki tingkat pelayanan D. Lalu tundaan lengan timur Simpang L.A Sucipto senilai 45 detik dan memiliki tingkat pelayanan E. Untuk tundaan lengan utara Simpang Borobudur senilai 4 detik dan memiliki tingkat pelayanan A. Untuk tundaan lengan selatan Simpang Borobudur senilai 44 detik dan memiliki tingkat pelayanan E. Kemudian tundaan lengan barat Simpang Borobudur senilai 32 detik dan memiliki tingkat pelayanan D.

5.4.6 Pengaturan siklus APILL, Koordinasi, dan Penyesuaian geometri jalan

Penerapan skenario perbaikan lalu lintas ini menunjukkan hasil yang sangat baik, dengan penurunan panjang antrean yang terjadi secara merata di semua pendekat. Hasil yang paling baik terlihat pada pendekat Barat Simpang Borobudur yang mengalami penurunan antrean hingga 79 persen, merupakan hal baik mengingat tingginya volume lalu lintas di area tersebut. Hal yang sama juga ditunjukkan oleh pendekat Timur Simpang LA Sucipto dan Utara Simpang Borobudur dengan penurunan tundaan masing-masing sebesar 75 persen. Secara keseluruhan, skenario ini berhasil menurunkan total panjang antrean sebesar 47 persen dan total tundaan sebesar 48 persen di pada simpang kajian. Hal ini mengindikasikan bahwa skenario yang diterapkan berupa koordinasi sinyal lalu lintas dan penambahan geometri berhasil meningkatkan kinerja persimpangan. Penurunan antrean dan tundaan ini tidak hanya meningkatkan kinerja persimpangan, tetapi juga berpotensi mengurangi emisi kendaraan dan meningkatkan kenyamanan pengguna jalan. Hal ini juga didukung dengan *Performance Index* yang menurun pada skenario ini. Akan tetapi perlu diperhatikan terkait dengan penyesuaian geometri berupa pelebaran dan penyesuaian radius tikung memerlukan biaya yang tidak sedikit. Perlu adanya perhitungan dan kajian kembali terkait dengan lahan yang akan dibebaskan serta anggaran yang diperlukan oleh pihak terkait.

Adapun terkait hasil yang didapatkan dari Vissim, maka pada kondisi setelah pemberian skenario ini didapatkan tingkat pelayanan lalu lintas berdasarkan PM 96 Tahun 2015 berupa tundaan senilai 36 detik dan memiliki tingkat pelayanan D pada lengan utara Simpang L.A Sucipto. Untuk tundaan lengan selatan Simpang L.A Sucipto senilai 31 detik dan memiliki tingkat pelayanan D. Lalu tundaan lengan timur Simpang L.A Sucipto senilai 46 detik dan memiliki tingkat pelayanan E. Untuk tundaan lengan utara Simpang Borobudur senilai 4 detik dan memiliki tingkat pelayanan A. Untuk tundaan lengan selatan Simpang Borobudur senilai 41 detik dan memiliki tingkat pelayanan E Kemudian tundaan lengan barat Simpang Borobudur senilai 30 detik dan memiliki tingkat pelayanan D.

BAB VI KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari hasil analisis optimalisasi pada kinerja Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur :

1. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka pada kondisi eksisting di Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur didapatkan kinerja lalu lintas berdasarkan mikrosimulasi berupa panjang antrean senilai 171 meter dan tundaan senilai 43 detik pada lengan utara Simpang L.A Sucipto. Untuk panjang antrean lengan selatan Simpang L.A Sucipto senilai 135 meter dan tundaan senilai 70 detik. Lalu panjang antrean lengan timur Simpang L.A Sucipto senilai 159 meter dan tundaan senilai 183 detik. Untuk panjang antrean lengan utara Simpang Borobudur senilai 77 meter dan tundaan senilai 16 detik. Untuk panjang antrean lengan selatan Simpang Borobudur senilai 113 meter dan tundaan senilai 46 detik. Kemudian panjang antrean lengan barat Simpang Borobudur senilai 510 meter dan tundaan senilai 64 detik.
2. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka pada kondisi eksisting di Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur melalui simulasi didapatkan tingkat pelayanan lalu lintas berdasarkan PM 96 Tahun 2015 berupa tundaan senilai 43 detik dan memiliki tingkat pelayanan E pada lengan utara Simpang L.A Sucipto. Untuk tundaan lengan selatan Simpang L.A Sucipto senilai 70 detik dan memiliki tingkat pelayanan F. Lalu tundaan lengan timur Simpang L.A Sucipto senilai 183 detik dan memiliki tingkat pelayanan F. Untuk tundaan lengan utara Simpang Borobudur senilai 16 dan memiliki tingkat pelayanan C. Untuk tundaan lengan selatan Simpang Borobudur senilai 46 detik dan memiliki tingkat pelayanan E. Kemudian tundaan lengan barat Simpang Borobudur senilai 64 detik dan memiliki tingkat pelayanan F.

Sedangkan berdasarkan hasil yang didapatkan dari Vissim, maka pada kondisi setelah pemberian skenario terbaik yaitu skenario tiga di Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur melalui simulasi didapatkan tingkat pelayanan lalu lintas berdasarkan PM 96 Tahun 2015 berupa tundaan senilai 36 detik dan memiliki tingkat pelayanan D pada lengan utara Simpang L.A Sucipto. Untuk tundaan lengan selatan Simpang L.A Sucipto senilai 31 detik dan memiliki tingkat pelayanan D. Lalu tundaan lengan timur Simpang L.A Sucipto senilai 46 detik dan memiliki tingkat pelayanan E. Untuk tundaan lengan utara Simpang Borobudur senilai 4 detik dan memiliki tingkat pelayanan A. Untuk tundaan lengan selatan Simpang Borobudur senilai 41 detik dan memiliki tingkat pelayanan E. Kemudian tundaan lengan barat Simpang Borobudur senilai 30 detik dan memiliki tingkat pelayanan D.

3. **Rekayasa Lalu Lintas yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja** Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur dengan Mikrosimulasi adalah penyesuaian waktu siklus, penyesuaian waktu siklus dan pengaturan koordinasi simpang, dan kombinasi antara penyesuaian waktu siklus, koordinasi simpang, serta penyesuaian geometrik.
4. Rekayasa Lalu Lintas yang paling optimal yang dapat diterapkan Simpang L.A Sucipto dan Simpang Borobudur yaitu kombinasi penyesuaian waktu siklus, koordinasi simpang, serta penyesuaian geometrik dimana untuk penurunan rata rata yaitu untuk panjang antrean 47 persen dan tundaan 48 persen. Untuk nilai Performance Indeks yang didapatkan sebesar 199 yang menjadikan skenario ini menjadi skenario terbaik. Akan tetapi perlu diperhatikan terkait dengan penyesuaian geometri berupa pelebaran dan penyesuaian radius tikung memerlukan biaya yang tidak sedikit. Perlu adanya perhitungan dan kajian kembali terkait dengan lahan yang akan dibebaskan serta anggaran yang diperlukan oleh pihak terkait. Oleh karena itu jika skenario ini belum bisa dilaksanakan, skenario dua berupa pengaturan koordinasi simpang dan skenario satu berupa penyesuaian waktu siklus dapat dipertimbangkan untuk diterapkan.

6.2 Saran

Adapun Saran/Usulan yang bisa diterapkan yaitu:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada perbaikan menggunakan pengaturan waktu siklus dan pengaturan koordinasi simpang pada jam peak eksisting dalam satu hari sehingga kedepannya dapat dilakukan juga perhitungan perbaikan pada kondisi setiap jam puncak pada pagi, siang, dan sore, ataupun sesuai pembagian setiap *plan* nya.
2. Pada rekomendasi penyesuaian geometri simpang berdasarkan pedoman, perlu adanya lahan yang dikorbankan dan membutuhkan biaya yang tidak sedikit sehingga hal tersebut dapat dipertimbangkan kembali oleh pihak terkait

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

8%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	digilib.ptdisttd.ac.id Internet Source	3%
2	dspace.uii.ac.id Internet Source	2%
3	jurnal.untan.ac.id Internet Source	1%
4	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
5	Submitted to Universitas Muhammadiyah Purwokerto Student Paper	1%
6	docplayer.info Internet Source	1%
7	ojs.uajy.ac.id Internet Source	1%
8	ktj.pktj.ac.id Internet Source	1%
9	123dok.com Internet Source	1%

10	jurnal.polinema.ac.id Internet Source	<1 %
11	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
12	Submitted to University of Wollongong Student Paper	<1 %
13	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
14	Submitted to Landmark University Student Paper	<1 %
15	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
16	journal.universitaspahlawan.ac.id Internet Source	<1 %
17	idoc.pub Internet Source	<1 %
18	binamarga.pu.go.id Internet Source	<1 %
19	jurnal.ucy.ac.id Internet Source	<1 %
20	journal.umy.ac.id Internet Source	<1 %
21	Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya	<1 %

22 Submitted to Universitas Muhammadiyah
Surakarta
Student Paper <1 %

23 lib.unnes.ac.id
Internet Source <1 %

24 elibrary.unikom.ac.id
Internet Source <1 %

25 jom.untidar.ac.id
Internet Source <1 %

26 journal.uib.ac.id
Internet Source <1 %

27 eprints.itn.ac.id
Internet Source <1 %

28 www.jurnal.unsyiah.ac.id
Internet Source <1 %

29 Submitted to St. Ursula Academy High School
Student Paper <1 %

30 e-journal.upr.ac.id
Internet Source <1 %

31 Yulianto, Tri. "Analisis dampak lalu lintas
pembangunan terminal angkutan barang di
kecamatan Margorejo kabupaten Pati",
Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia),
2023 <1 %

32

Submitted to unikadelasalle

Student Paper

<1 %

33

Natasha S. F. Pangalila, Lucia I. R. Lefrandt, Sisca V. Pandey. "Analisis Kinerja Simpang Tidak Bersinyal (Studi Kasus: Jl. Raya Tomohon – Jl. Sam Ratulangi, Bundaran Tugu Tololiu, Tomohon)", TEKNO, 2024

Publication

<1 %

34

e-journal.uajy.ac.id

Internet Source

<1 %

35

ejurnal.itenas.ac.id

Internet Source

<1 %

36

e-journals.unmul.ac.id

Internet Source

<1 %

37

Submitted to Syntax Corporation

Student Paper

<1 %

38

Submitted to Institut Pertanian Bogor

Student Paper

<1 %

39

ejurnal.itats.ac.id

Internet Source

<1 %

40

digilib.ptdisttd.net

Internet Source

<1 %

41

digilib.unhas.ac.id

Internet Source

<1 %

42	repository.unibos.ac.id Internet Source	<1 %
43	journal.unika.ac.id Internet Source	<1 %
44	Submitted to Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Gadjah Mada Student Paper	<1 %
45	www.digibib.tu-bs.de Internet Source	<1 %
46	Submitted to Lambung Mangkurat University Student Paper	<1 %
47	garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	<1 %
48	"Transactions on Engineering Technologies", Springer Science and Business Media LLC, 2019 Publication	<1 %
49	Submitted to Universitas Bung Hatta Student Paper	<1 %
50	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
51	iptek.its.ac.id Internet Source	<1 %
52	sipil.studentjournal.ub.ac.id Internet Source	<1 %

53 Prihiyandhoko, Hageng. "Evaluasi Manajemen Rekayasa Lalu Lintas Sistem Satu Arah (SSA) Dengan Program Vissim Pada Ruas Jalan Ahmad Yani Kota Tegal", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2024
Publication <1 %

54 eprints.itenas.ac.id
Internet Source <1 %

55 pt.scribd.com
Internet Source <1 %

56 repository.untag-sby.ac.id
Internet Source <1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches < 20 words

Exclude bibliography On