

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

3.1 Persimpangan

Persimpangan merupakan simpul pada jaringan jalan atau lokasi dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan dengan kondisi lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan yang bergerak secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya (Abarca, 2021). Persimpangan merupakan daerah dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu atau bersilangan. Persimpangan dapat bervariasi dari persimpangan sederhana yang terdiri dari pertemuan dua ruas jalan sampai persimpangan kompleks yang terdiri dari pertemuan beberapa ruas jalan (Hapsari et al. 2021). Tujuan utama dilakukan perencanaan persimpangan yang baik adalah untuk mengurangi terjadinya kecelakaan, sehingga mampu meningkatkan kenyamanan dan ketenangan pengguna jalan di persimpangan tersebut (Kirono et al. 2018).

Berdasarkan Peraturan Menteri No. 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas membahas penetapan tingkat pelayanan simpang yang diklasifikasikan sebagai berikut:

- 1) Tingkat pelayanan A, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik perkendaraan;
- 2) Tingkat pelayanan B, dengan kondisi tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik perkendaraan;
- 3) Tingkat pelayanan C, dengan kondisi tundaan lebih dari 15 detik sampai 25 detik perkendaraan;
- 4) Tingkat pelayanan D, dengan kondisi tundaan lebih dari 25 detik sampai dengan 40 detik perkendaraan;
- 5) Tingkat pelayanan E, dengan kondisi tundaan lebih dari 40 detik sampai dengan 60 detik perkendaraan;
- 6) Tingkat pelayanan F, dengan kondisi tundaan lebih dari 60 detik perkendaraan

3.2 Pengendalian Persimpangan

Sistem pengendalian persimpangan terdiri dari persimpangan prioritas, bundaran dan dengan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL). Perancangan persimpangan mengacu pada ketentuan perencanaan persimpangan sebidang Pd-T-02-2002, perencanaan bundaran sebidang Pd-T20-2004, dan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Affiza, 2022).

Dimuat dalam Jurnal Penelitian Transportasi Darat (Haradongan 2019) bahwa pemilihan metode pengendalian tergantung pada besarnya arus lalu lintas. Penentuan pengendalian persimpangan antara lain:

3.2.1 Persimpangan Prioritas

Persimpangan prioritas merupakan salah satu metode pengendalian yang paling umum digunakan. Hak penggunaan jalan pada persimpangan prioritas harus ditunjukkan jelas dengan marka dan rambu. Pada dasarnya jalan utama memiliki prioritas. Suatu kondisi jika arus besar berada pada jalan kecil atau minor, atau jika jalan utama tidak lurus maka aspek efisiensi dan keselamatan perlu mendapat pertimbangan.

Jenis persimpangan ini dapat bekerja dengan baik untuk lalulintas yang volumenya rendah, tetapi dapat menyebabkan timbulnya hambatan yang panjang bagi lalulintas yang bergerak pada jalan kecil apabila arus lalulintas pada jalan utama tinggi. Apabila ini terjadi, maka para pengemudi mulai dihadapkan kepada resiko kecelakaan (Risandi, 2020).

3.2.2 Persimpangan dengan Lampu Pengatur Lalu Lintas

Lampu pengatur lalu lintas digunakan pada sebagian besar persimpangan jalan utama atau jalan kecil di daerah pinggiran kota. Perubahan persimpangan prioritas ke persimpangan dengan isyarat lampu lalu lintas biasanya karena alasan kecelakaan atau volume lalu lintas yang meningkat. Kriteria pemasangan alat pemberi isyarat lalu lintas pada suatu simpang menurut Surat Keputusan Dirjen Perhubungan Darat Nomor: 273/HK.105/DR JD/96 tentang Pedoman Teknis Pengaturan Lalu Lintas di Persimpangan dengan perangkat Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas, adalah:

- a. Arus lalu lintas minimum yang menggunakan persimpangan rata-rata di atas 750 kendaraan/ hari selama 8 jam secara terus menerus.
- b. Rata-rata waktu tunggu atau hambatan kendaraan di persimpangan telah melebihi 30 detik.
- c. Simpang tersebut rata-rata digunakan oleh lebih dari 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam terus menerus.
- d. Sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan.
- e. Pada daerah yang bersangkutan dipasang suatu sistem pengendalian lalu lintas terpadu (*Area Traffic Control/ATC*).

3.2.3 Bundaran

Bundaran lalu lintas merupakan alternatif terhadap isyarat lampu lalu lintas. Metode ini sangat bermanfaat jika direncanakan berdasarkan sistem pengaturan bundaran konvensional dengan daerah persilangan yang dapat menambah pilihan untuk menghasilkan tundaan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan lampu lalu lintas. Bagian jalinan atau bundaran merupakan suatu aturan lalu lintas di Indonesia dengan kondisi memberikan jalan pada yang kiri. Bundaran digunakan sebagai alternatif untuk rekayasa lalu lintas atau membuat suatu monumen di daerah. Persimpangan antara jalan yang lebih besar, penutupan daerah jalinan mudah terjadi dan keselamatan bundaran menurun (Setiawan, 2021). Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kapasitas bundaran lalu lintas antara lain memperlebar jalan masuk dan keluar persimpangan dan menambah panjang dan lebar daerah persilangan.

3.3 Indikator Tingkat Kinerja Simpang

Indikator tingkat kinerja persimpangan meliputi derajat kejenuhan, tundaan, dan antrian. Berikut penjelasan dari indikator kinerja simpang:

3.3.1 Derajat kejenuhan (DS)

Derajat Kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas. Nilai DS (*Degree Of Saturation*) diperoleh dengan

membandingkan arus lalu lintas total (Q_{tot}) dengan Kapasitas (C) (Hasibuan and Muchammad Zaenal Muttaqin, 2021). Derajat kejenuhan ini digunakan sebagai faktor utama dalam menentukan tingkat kinerja simpang yang dihitung menggunakan arus lalu lintas dalam smp/jam dan kapasitas jalan tersebut.

3.3.2 Tundaan

Tundaan merupakan tambahan waktu tempuh kendaraan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang. Tundaan simpang (D) adalah waktu tempuh tambahan untuk melewati simpang bila dibandingkan dengan situasi tanpa simpang, yang terdiri dari tundaan lalu-lintas (DTI) dan tundaan geometrik (DG) (Guntur, 2021). Tundaan terdiri dari tundaan lalu lintas (DT) yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan kendaraan lain dan tundaan geometrik (DG) yang disebabkan perlambatan dan percepatan saat berbelok di persimpangan dan/atau berhenti saat keadaan lampu sedang merah. Tundaan dinyatakan dalam satuan det/smp.

3.3.3 Antrian

Antrian merupakan banyaknya jumlah kendaraan yang mengantri dalam suatu pendekat yang dinyatakan dalam satuan (kend; smp) sedangkan Panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat dinyatakan dalam meter (m). Peluang antrian (%) adalah peluang terjadinya antrian dengan lebih dari dua kendaraan di daerah kaki simpang. Rentang nilai peluang antrian diperoleh berdasarkan pada grafik ataupun rumus persamaan matematika yang merupakan fungsi Q/C (Guntur, 2021).

3.4 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal merupakan perpotongan suatu bidang antara dua arus jalan atau lebih di masing-masing simpang. Disetiap titik simpang dilengkapi dengan lampu APILL dengan tiga warna yang berbeda, yaitu merah, kuning, dan hijau (Nindita, 2020). Pada umumnya pengaturan lalu lintas dengan menggunakan sinyal digunakan untuk beberapa tujuan yaitu menghindari terjadinya kemacetan pada simpang akibat konflik lalu lintas, memberi kesempatan kepada kendaraan lain dan pejalan kaki dari jalan

simpang yang lebih kecil untuk memotong jalan utama, dan mengurangi terjadinya kecelakaan lalu lintas akibat pertemuan kendaraan yang berlawanan arah (Ansal Praja et al. 2022).

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) menjelaskan istilah-istilah di dalam menganalisis kinerja simpang diantaranya:

a. Pendekat

Pendekat adalah daerah pada lengan persimpangan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melintasi garis berhenti. Pendekat didefinisikan sebagai daerah dari suatu lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti (bila gerakan lalu-lintas ke kiri atau ke kanan dipisahkan dengan pulau lalu-lintas, sebuah lengan persimpangan jalan dapat mempunyai dua pendekat) (Fatmawati and Isram M. Ain, 2021).

b. Fase

Bagian dari siklus sinyal dengan lampu lalu lintas disediakan bagi kombinasi tertentu dan gerakan lalu lintas.

c. *All Red* (Waktu Merah Semua)

Waktu saat sinyal merah menyala bersamaan dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang bergerak berturutan (detik).

d. *Amber* (Waktu Kuning)

Waktu di mana warna lampu kuning menyala setelah hijau dalam sebuah pendekat (detik). panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3,0 detik (Anton et al. 2022).

e. Antar Hijau

Periode kuning ditambah periode merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan (detik).

f. Waktu Hilang

Jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang

lengkap (det). Waktu hilang juga dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau disemua fase yang berurutan.

3.5 Koordinasi Sinyal Antar Simpang

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 antrian kendaraan yang panjang. Kendaraan yang telah bergerak meninggalkan satu simpang diupayakan tidak mendapati sinyal merah pada simpang berikutnya, sehingga dapat terus berjalan dengan kecepatan normal (Kirono et al. 2018). Koordinasi sinyal antar simpang diperlukan untuk meningkatkan indeks kinerja persimpangan karena dengan adanya koordinasi sinyal diharapkan tundaan yang dialami kendaraan dapat berkurang. Kendaraan yang telah bergerak meninggalkan persimpangan diupayakan untuk tidak mendapat sinyal merah pada persimpangan berikutnya, sehingga kendaraan dapat melanjutkan perjalanan dengan kecepatan normal tanpa berhenti.

Pada situasi dimana terdapat beberapa simpang bersinyal yang mempunyai jarak yang cukup dekat maka seharusnya perlu dilakukan koordinasi sinyal sehingga kendaraan bergerak secara efisien melalui kumpulan sinyal-sinyal tersebut. Pada umumnya, kendaraan yang meninggalkan suatu simpang bersinyal akan tetap mempertahankan grupnya hingga sinyal berikutnya. Jarak di mana kendaraan akan tetap mempertahankan grupnya adalah sekitar 300 meter (Ratnaningsih, 2020). Dalam melakukan koordinasi beberapa sinyal, diperlukan beberapa syarat yang harus dipenuhi sebagai berikut:

1. Jarak antar simpang yang dikoordinasikan tidak lebih dari 800 meter. Jika lebih dari 800 meter maka kordinasi sinyal tidak efektif.
2. Semua sinyal harus memiliki durasi waktu siklus yang sama.
3. Umumnya digunakan pada jaringan jalan utama (arteri atau kolektor) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang

berbentuk grid.

4. Terdapat sekelompok kendaraan (*platoon*) sebagai akibat sinyal lampu lalu lintas di bagian hulu.

Surat Keputusan Dirjen Perhubungan Darat Tahun 1991 tentang Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat. Dasar pendekatan dari perencanaan sistem terkoordinasi pengaturan lalu lintas sepanjang suatu jalan arteri adalah bahwa kendaraan-kendaraan yang lewat jalan tersebut akan melaju dalam bentuk iring-iringan dari satu simpang ke simpang berikutnya.

Berdasarkan kecepatan gerakan iring-iringan tersebut, interval lampu dan lama lampu hijau menyala di satu simpang dan di simpang berikutnya dapat ditentukan sehingga iring-iringan tersebut dapat melaju terus tanpa hambatan sepanjang jalan yang lampu pengaturan lalu lintasnya terkoordinasikan.

Untuk mengkoordinasikan beberapa sinyal, diperlukan beberapa syarat yang harus dipenuhi, yaitu:

- a. Semua sinyal harus mempunyai panjang waktu siklus (*cycle time*) yang sama;
- b. Umumnya digunakan pada jaringan jalan utama (arteri, kolektor) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang berbentuk rigid;
- c. Terdapat sekelompok kendaraan (*platoon*) sebagai akibat lampu lalu lintas di bagian hulu.

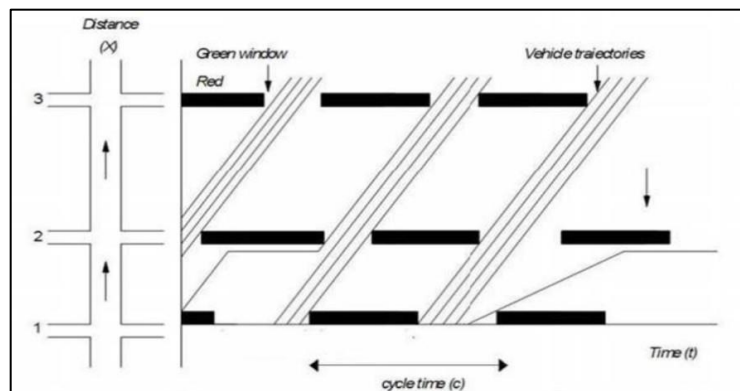
Selain itu, fungsi sistem koordinasi sinyal adalah untuk mengikuti volume lalu lintas maksimum untuk melewati simpang tanpa berhenti dengan mulai waktu hijau (*green periode*) pada simpang berikutnya mengikuti kedatangan kelompok (*platoon*).

3.6 Koordinasi Antar Simpang Bersinyal dengan Konsep *Greenwave*

Bila beberapa persimpangan yang berdekatan menggunakan alat pemberi isyarat lalu lintas maka akan sangat bermanfaat bila alat pemberi isyarat lalu lintas pada persimpangan-persimpangan tersebut dikoordinasikan sedemikian rupa sehingga hambatan total pada semua persimpangan yang dikoordinasikan menjadi berkurang. Koordinasi akan berjalan dengan baik bila variasi kecepatan kendaraan dalam suatu kelompok adalah kecil sehingga kelompok kendaraan yang terbentuk pada awal persimpangan yang dikoordinasikan tidak selalu menyebar/terpisah.

Sistem serentak (*Simultaneous System*), semua indikasi warna pada suatu koridor jalan menyala pada saat yang sama yang bertujuan untuk tercapainya gelombang hijau (*Greenwave*).

3.6.1 Prinsip Koordinasi



Sumber : Taylor dkk, 1996, *Understanding Traffic System*

Gambar III. 1 Prinsip Koordinasi Sinyal dan *Green Wave*

Prinsip dasar koordinasi adalah waktu siklus yang optimum antara lampu lalu lintas dikoordinasikan. Situasi ini dicapai jika waktu siklus sama dengan waktu perjalanan atau offset-offsetnya sama dengan waktu perjalanan. Prinsip-prinsip lainnya dari koordinasi adalah:

- Pemisahan hijau (proporsi relatif dari hijau);
- Offset* (perbedaan-perbedaan waktu antara periode hijau

dari tiap persimpangan terhadap persimpangan acuan).

Aspek-aspek lain perlu dipertimbangkan bila persimpangan persimpangan dihubungkan. Aspek-aspek tersebut adalah aspek yang memiliki ciri-ciri operasi:

- a. Persimpangan-persimpangan harus berlokasi relatif dekat satu sama lain (kurang dari 800 m);
- b. Tidak ada gangguan dari:
 - Lalu lintas akses;
 - Parkir;
 - Penyeberang jalan;
 - Tidak macet.

3.6.2 Teori *Platoon Dispersion*

Platoon Dispersion merupakan penyebaran iringan kendaraan selama menempuh suatu link diantara 2 simpang yang berurutan. Semakin kecil penyebaran iringan semakin baik dalam mendukung suksesnya sistem sinyal terkoordinasi, demikian pula sebaliknya. Dengan demikian, *Platoon Dispersion* merupakan faktor yang sangat penting dalam aplikasi sistem sinyal terkoordinasi. *Platoon Dispersion* merupakan fungsi dari variasi kecepatan dalam kelompok kendaraan. Dengan variasi kecepatan yang kecil diharapkan kelompok kendaraan tidak terlalu menyebar selama menempuh suatu link. Koordinasi sinyal antar simpang akan efektif apabila pergerakan kendaraan yang melintasi ruas antar simpang berbentuk pleton. Dengan pola pergerakan kendaraan pada ruas berbentuk pleton maka dapat diupayakan sistem koordinasi sinyal yang mampu mempertahankan pleton di pendekat simpang bersinyal bersamaan dengan munculnya sinyal hijau.

3.6.3 Perhitungan Waktu *Offset*

Waktu *offset* dihitung berdasarkan jarak antar simpang yaitu dengan membagi jarak dengan kecepatan rata-rata ruas penghubung antar simpang. Hasil perhitungan waktu *offset* digunakan untuk menentukan mulai sinyal hijau di masing-masing persimpangan (Pribadi dkk, 2020).

3.6.4 Penentuan Waktu Siklus yang Sama

Koordinasi sinyal harus memiliki waktu siklus yang sama, dimana waktu siklus optimum terbaik dari optimasi simpang yang dikoordinasikan. Optimasi waktu sinyal bertujuan untuk mendapatkan waktu siklus yang optimal, sehingga panjang antrian dan lama tundaan berkurang.

3.6.5 Diagram Koordinasi Simpang

Diagram koordinasi menggambarkan aliran *platoon* dari satu titik ke titik yang lain dan memberikan hubungan antara kedua titik. Berdasarkan hasil penggambaran menunjukkan aliran *platoon* yang terus mendapatkan waktu hijau baik dari selatan menuju utara atau sebaliknya. Istilah dalam diagram koordinasi antara lain:

a. *Bandwidth*

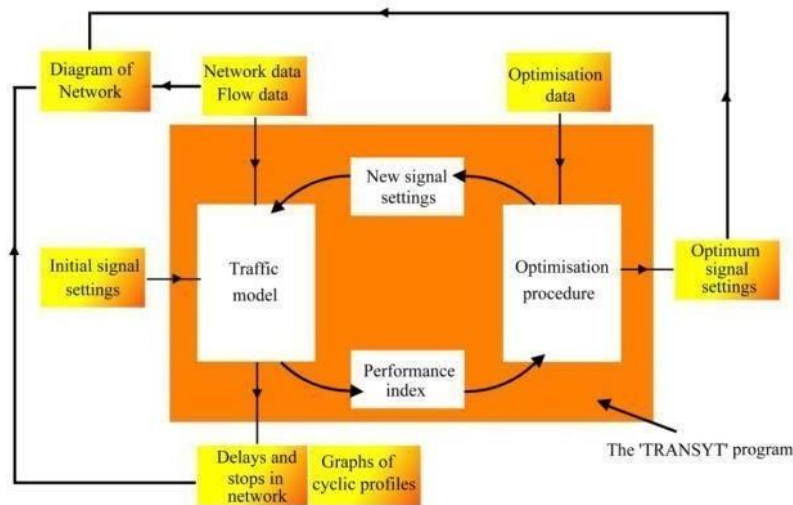
Bandwidth adalah perbedaan waktu dalam lintasan paralel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir (Romadhona et al. 2019). Keduanya berada dalam kecepatan yang konstan dan merupakan *platoon* yang tidak terganggu sinyal merah sama sekali.

b. *Offset*

Offset merupakan perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang setelahnya (Romadhona et al. 2019). Waktu *offset* dapat dihitung melalui diagram koordinasi. Namun, waktu *offset* juga dapat digunakan untuk memulai membentuk lintasan koordinasi.

3.7 Aplikasi Program Komputer (Software) *Transyt 14.1*

Sistem ini dikembangkan oleh *Transport Road Research Laboratory* (TRRL), Inggris. Aplikasi Program *Transyt* dapat mengkoordinasikan lampu lalu lintas untuk berbagai macam keperluan, misalnya mengurangi panjang antrian, mengurangi jumlah berhenti kendaraan, mengurangi waktu tunggu kendaraan, memberikan prioritas kepada angkutan umum atau mengurangi biaya operasi kendaraan (Indrashwara, 2022).



Gambar III. 2 Prinsip Kerja Transyt 14.1

Dengan menggunakan model lalu-lintas, berdasarkan data jaringan jalan dan volume lalu lintas, serta setting lampu lalu lintas eksisting akan diperoleh Indeks Kinerja berupa total hambatan jumlah henti dalam jaringan. Indeks Kinerja ini kemudian dijadikan dasar untuk melakukan optimasi pengaturan setting lampu lalu lintas yang baru. Setting lampu lalu lintas yang baru ini kemudian dibawa ke dalam model sehingga diperoleh nilai Indeks Kinerja yang baru. Indeks Kinerja yang baru ini kemudian dibandingkan dengan Indeks Kinerja sebelumnya untuk melihat perubahan yang diperoleh. Proses ini diulang terus menerus sampai diperoleh setting lampu lalu lintas yang paling optimum, yaitu dimana perubahan Indeks Kinerja yang diperoleh tidak bisa lebih baik lagi. Indikator kinerja yang dapat dihasilkan dengan menggunakan program Transyt 14.1 meliputi indikator kinerja persimpangan yakni panjang antrian, tundaan dan derajat kejenuhan.

3.7.1 *Transyt 14.1*

Transyt (Traffic Network Study Tools) adalah program komputer yang mencari dan meneliti rencana pengaturan simpang terbaik yang volume lalu-lintasnya sudah diketahui. Program ini mempunyai dua elemen dasar, yaitu pemodelan lalu-lintas dan optimasi pengaturan lalu-lintas. Paket program komputer tersebut dipergunakan di dalam studi ini oleh karena mempunyai dua elemen dasar tersebut.

Di dalam optimasi pengaturan koordinasi sinyal antar simpang baik antar *uncontrolled*, ukuran Indeks Kinerja Jaringan (*Performance Index*) dipergunakan, yakni dengan menggabungkan nilai simpang dengan sinyal maupun dengan pengaturan prioritas dan nilai tundaan, panjang antrian serta kendaraan terhenti secara proporsional. Indeks Kinerja lainnya yang didapatkan adalah rata-rata kecepatan serta konsumsi bahan bakar dalam sistem jaringan jalan yang dapat dipergunakan untuk analisis lebih lanjut.

3.7.2 Asumsi Dasar dan Proses Kerja

Asumsi dasar yang digunakan oleh program *Transyt 14.1* mengenai keadaan lalu lintas yang akan dianalisis adalah sebagai berikut:

- a. Persimpangan dalam jaringan jalan dioperasikan dengan *traffic light*, sistem prioritas, maupun *un-controlled*;
- b. Seluruh setting lampu lalu lintas dalam jaringan jalan mempunyai waktu ulang (*cycle time*) yang seragam serta detail setiap fase dan periode minimum pada seluruh setting diketahui.

3.7.3 Input untuk Aplikasi Program Komputer *Transyt 14.1*;

- a. Data umum untuk seluruh jaringan, misalnya waktu siklus;
- b. Kontrol proses Optimasi;
- c. Arus Lalu lintas per jam dan karakteristik lalu lintas lainnya pada ruas, misalnya panjang jalan, waktu tempuh atau kecepatan perjalanan (*Cruise Time*);
- d. Pengaturan lampu pada setiap node.

3.7.4 Proses Kerja Program *Transyt 14.1*;

- a. Dengan menggunakan model lalu-lintas, berdasarkan data jaringan jalan dan volume lalu lintas, serta setting lampu lalu lintas eksisting akan diperoleh Indeks Kinerja berupa total hambatan jumlah henti dalam jaringan;
- b. Indeks kinerja ini kemudian dijadikan dasar untuk melakukan optimasi pengaturan setting lampu lalu lintas yang baru;
- c. Setting lampu lalu lintas yang baru ini kemudian dibawa ke dalam

model sehingga diperoleh nilai Indeks Kinerja yang baru;

- d. Indeks Kinerja yang baru ini kemudian diperbandingkan dengan Indeks Kinerja sebelumnya untuk melihat perubahan yang diperoleh;
- e. Proses ini diulang terus menerus sampai diperoleh setting lampu lalu lintas yang paling optimum, yaitu dimana perubahan Indeks Kinerja yang diperoleh tidak bisa lebih baik lagi.

3.7.5 Indikator Kinerja yang Dihasilkan dengan Aplikasi Program Komputer *Transyt*

14.1

- a. Indikator kinerja Ruas Jalan menggunakan V/C Ratio
- b. Indikator Kinerja Persimpangan meliputi :
 - 1) Derajat Kejenuhan;
 - 2) Tundaan;
 - 3) Panjang Antrian.
- c. Indikator Jaringan Jalan
 - 1) Total *Distance Travelled* (PCU-KM/H);
 - 2) Total *Delay* (PCU-H/H)

3.7.6 Kelebihan Program *Transyt* 14.1

- 1. Dapat membuat model kajian sesuai dengan keadaan real di lapangan
- 2. Mempermudah analisis pada jaringan
- 3. Memberikan rekomendasi yang dapat dibutuhkan oleh pengguna

3.7.7 Kelemahan Program *Transyt* 14.1

- 1) Tidak adanya output geometrik jalan pada program, sehingga terjadinya perbedaan selisih dari hasil hitungan dengan hasil dari program *Transyt* 14.1
- 2) Tidak dapat melakukan kajian eksisting pada jaringan dikarenakan waktu siklus pada lampu lalu lintas dianggap sama

3.8 Kinerja Lalu Lintas Eksisting Berdasarkan MKJI

Kondisi eksisting merupakan suatu kondisi yang terjadi di lapangan dimana potret suatu lokasi studi yang murni, tanpa ada pengolahan ataupun perencanaan terhadap kondisi yang sudah ada. Kondisi eksisting meliputi inventarisasi, tata guna lahan, keadaan, kondisi, dan potret permasalahan yang terjadi di suatu lokasi studi. Kinerja persimpangan diukur dari beberapa indikator, meliputi derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan pada jam tersibuk. Berikut akan ditampilkan data-data eksisting pada masing-masing simpang.

Dari hasil pengamatan di lapangan dan hasil survei, meliputi survei inventarisasi, survei gerakan membelok, dan survei antrian, maka didapatkan data, antara lain data APILL, data volume kendaraan, data geometri, dan arus jenuh. Dalam hal mendapatkan hasil arus jenuh didasarkan pada perhitungan sesuai MKJI tahun 1997. Kinerja persimpangan diukur dari beberapa aspek, meliputi derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan pada jam tersibuk. Berikut akan ditampilkan data-data eksisting pada masing-masing simpang.

3.8.1 Simpang Gading

a. Arus Jenuh (S)

1) Arus Jenuh Dasar (So)

Arus jenuh adalah arus keberangkatan rata-rata antrian di dalam suatu pendekat simpang selama sinyal lampu lalu lintas berwarna hijau. Arus jenuh dinyatakan dalam satuan smp per jam hijau (smp/jam hijau). Besar nilai arus jenuh dasar (So) pada suatu simpang memiliki sifat berbanding lurus terhadap lebar pendekat efektifnya (Cholis et al. 2020). Analisis terhadap arus lalu lintas dalam pengaturan waktu siklus lampu lalu lintas dilakukan dengan memperhitungkan lebar efektif mulut simpang dan arus lalu lintas yang melalui simpang tersebut berdasarkan data hasil survei.

Contoh perhitungan arus jenuh dasar (So) dan arus jenuh (S) pada pendekat Utara yaitu Jalan Patuk Gading II. Untuk mengetahui arus jenuh dasar (So) digunakan rumus:

$$\begin{aligned}
S_0 &= 600 \times W_e \\
&= 600 \times 7,4 \\
&= 4440 \text{ smp/jam}
\end{aligned}$$

2) Faktor Ukuran Penyesuaian Kota (Fcs)

Faktor penyesuaian kota dapat dilihat dari populasi penduduk wilayah studi tersebut. Kabupaten Gunungkidul pada tahun 2023 memiliki jumlah penduduk 773.910 jiwa, sehingga faktor penyesuaian ukuran kota yaitu $F_{cs} = 0,94$ untuk range antara 500.000 – 1.000.000 penduduk.

3) Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (Fsf)

Tabel penentuan faktor penyesuaian hambatan samping (Fsf) pada simpang Gading dapat dilihat pada lampiran.

4) Faktor Penyesuaian Kelandaian (Fg)

Kelandaian persimpangan masing-masing kaki simpang adalah datar (0%), sehingga nilai $F_g = 1,00$

5) Faktor Penyesuaian Parkir (Fp)

Kawasan sekitar simpang Gading tidak terdapat ruang untuk parkir, sehingga untuk faktor penyesuaian parkir (F_p) = 1,00

6) Faktor Penyesuaian Belok Kanan (Frt)

Faktor penyesuaian belok kanan dipengaruhi oleh presentase belok kanan dengan total arus. Berikut merupakan perhitungan pada jalan Patuk Gading II:

$$\begin{aligned}
P_{RT} &= \frac{RT \frac{smp}{jam}}{Q \frac{smp}{jam}} \\
&= \frac{281}{1098} \\
&= 0,21
\end{aligned}$$

Keterangan :

P_{RT} = Jumlah belok kanan dibagi jumlah total pada simpang yang sama

Pendekat pada simpang Gading yang terlindung, maka nilai F_{RT} :

$$F_{RT} = 1,00 + P_{RT} \times 0,26$$

$$= 1,00 + 0,21 \times 0,26$$

$$= 1,05$$

7) Faktor Penyesuaian Belok Kiri (Flt)

Faktor penyesuaian belok kiri dipengaruhi oleh persentase belok kiri dengan total arus. Berikut merupakan perhitungan pada Jalan Patuk Gading II:

$$Plt = \frac{LT \frac{smp}{jam}}{Q \frac{smp}{jam}}$$

$$= \frac{300}{1098}$$

$$= 0,27$$

Keterangan:

P_{LT} = Jumlah belok kiri dibagi jumlah total pada simpang yang sama

Pendekat pada simpang Gading yang terlindung, maka nilai

F_{LT} :

$$F_{LT} = 1,00 - P_{LT} \times 0,16$$

$$= 1,00 - 0,27 \times 0,16$$

$$= 0,96$$

Setelah Faktor-faktor penyesuaian diketahui maka arus jenuh tiap kaki simpang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt}$$

$$= 4440 \times 0,94 \times 0,94 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,05 \times 0,96$$

$$= 3956 \text{ smp/jam}$$

b. Kapasitas

Perhitungan kapasitas setiap pendekat tergantung pada rasio waktu hijau dan arus jenuh yang disesuaikan. Berikut merupakan perhitungan kapasitas pada pendekat utara Simpang Gading.

$$C = S \times g/c$$

$$= 3956 \times 50/102$$

$$= 1939$$

c. Derajat Kejenuhan

Perhitungan Derajat Kejenuhan dipengaruhi oleh kapasitas dan arus lalu lintas. Berikut merupakan perhitungan Derajat Kejenuhan Simpang Gading pada pendekat utara.

$$\begin{aligned} DS &= Q / C \\ &= 1098 / 1939 \\ &= 0,57 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

d. Panjang Antrian (QL)

Panjang antrian diukur pada tiap pendekat. Untuk menghitung panjang antrian maka diperlukan data jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ). Untuk menghitung jumlah antrian smp yang tersisa dari waktu hijau sebelumnya (NQ1) dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

DS dibawah 0,5 maka NQ1 = 0

Langkah selanjutnya menghitung NQ2 (jumlah antrian yang datang selama fase merah). Untuk menghitung NQ2 diperlukan juga rasio hijau (GR) yang didapatkan dari waktu hijau dibagi waktu siklus.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Penentuan Nqmax dapat ditentukan dengan menggunakan grafik peluang untuk pembebanan lebih POL (5-10%). Setelah NQ diketahui, selanjutnya dihitung panjang antrian dengan mengalikan NQ dengan luas rata-rata yang digunakan per smp (20 m²) kemudian dibagi dengan lebar masuknya.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}}$$

Berikut perhitungan panjang antrian pada pendekat utara Simpang

Gading:

$$\begin{aligned} QL &= \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \\ &= \frac{10,82 \times 20}{7} \\ &= 29,23 \end{aligned}$$

e. Tundaan

Berikut perhitungan tundaan pada pendekat Utara Simpang

Gading:

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} \\ &= \frac{0,5 \times (1-0,03)^2}{(1-0,03 \times 0,57)} \\ &= 0,48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DT &= c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{c} \\ &= 102 \times 0,48 + \frac{0,15 \times 3600}{1939} \\ &= 49,40 \end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan tundaan geometrik pada pendekat Utara Simpang Gading:

$$\begin{aligned} DG &= (1 - Psv) \times Pt \times 6 + (Psv \times 4) \\ &= (1 - 0,31) \times 0,27 \times 6 + (0,31 \times 4) \\ &= 1,74 \end{aligned}$$

Setiap pendekat tundaan rata-rata dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$D_1 = \frac{\sum (Q \times D)}{Q_{TOT}}$$

Berdasarkan data simpang Gading memiliki tundaan rata rata yaitu 56,36 detik/smp. Berdasarkan Peraturan Menteri No. 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Kegiatan Manajemen Rekayasa Lalu Lintas terkait indikator Tingkat Pelayanan Simpang, maka kondisi eksisting Simpang Gading memiliki tingkat pelayanan dengan nilai E.

Berdasarkan semua tahapan maka selanjutnya kinerja Simpang Gading dari parameter derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan dapat dilihat pada tabel yang terdapat pada lampiran.

3.8.2 Simpang Playen

a. Arus Jenuh (S)

1) Arus Jenuh Dasar (So)

Analisis terhadap arus lalu lintas dalam pengaturan waktu siklus lampu lalu lintas dilakukan dengan memperhitungkan lebar efektif mulut simpang dan arus lalu lintas yang melalui simpang tersebut berdasarkan data hasil survei.

Contoh perhitungan arus jenuh dasar (So) dan arus jenuh (S) pada pendekat Utara yaitu Jalan Patuk Gading III. Untuk mengetahui arus jenuh dasar (So) digunakan rumus:

$$\begin{aligned} S_0 &= 600 \times W_e \\ &= 600 \times 7,2 \\ &= 4320 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

2) Faktor Ukuran Penyesuaian Kota (Fcs)

Faktor penyesuaian kota dapat dilihat dari populasi penduduk wilayah studi tersebut. Kabupaten Gunungkidul pada tahun 2023 memiliki jumlah penduduk 773.910 jiwa, sehingga faktor penyesuaian ukuran kota yaitu $F_{cs} = 0,94$ untuk range antara 500.000 – 1.000.000 penduduk.

3) Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (Fsf)

Tabel penentuan faktor penyesuaian hambatan samping (Fsf) pada simpang Playen dapat dilihat pada lampiran.

4) Faktor Penyesuaian Kelandaian (Fg)

Kelandaian persimpangan masing-masing kaki simpang adalah datar (0%), sehingga nilai Fg = 1,00

5) Faktor Penyesuaian Parkir (Fp)

Kawasan sekitar simpang Playen tidak terdapat ruang untuk parkir, sehingga untuk faktor penyesuaian parkir (Fp) = 1,00

6) Faktor Penyesuaian Belok Kanan (Frt)

Faktor penyesuaian belok kanan dipengaruhi oleh presentase belok kanan dengan total arus. Berikut merupakan perhitungan pada jalan Playen Gading:

$$\begin{aligned} P_{RT} &= \frac{RT \frac{smp}{jam}}{Q \frac{smp}{jam}} \\ &= \frac{108}{325} \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

Keterangan:

P_{RT} = Jumlah belok kanan dibagi jumlah total pada simpang yang sama

Pendekat pada simpang Gading yang terlindung, maka nilai F_{RT} :

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1,00 + P_{RT} \times 0,26 \\ &= 1,00 + 0,33 \times 0,26 \\ &= 1,09 \end{aligned}$$

7) Faktor Penyesuaian Belok Kiri (Flt)

Faktor penyesuaian belok kiri dipengaruhi oleh persentase belok kiri dengan total arus. Berikut merupakan perhitungan pada Jalan Playen Gading:

$$\begin{aligned} P_{Lt} &= \frac{LT \frac{smp}{jam}}{Q \frac{smp}{jam}} \\ &= \frac{217}{325} \\ &= 0,67 \end{aligned}$$

Keterangan:

P_{LT} = Jumlah belok kiri dibagi jumlah total pada simpang yang sama

Pendekat pada simpang Playen yang terlindung, maka nilai F_{LT} :

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1,00 - P_{LT} \times 0,16 \\ &= 1,00 - 0,67 \times 0,16 \\ &= 0,89 \end{aligned}$$

Setelah Faktor-faktor penyesuaian diketahui maka arus jenuh tiap kaki simpang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S &= S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt} \\ &= 3840 \times 0,94 \times 0,94 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,09 \times 0,89 \\ &= 3293 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

b. Kapasitas

Perhitungan kapasitas setiap pendekat tergantung pada rasio waktu hijau dan arus jenuh yang disesuaikan. Berikut merupakan perhitungan kapasitas pada pendekat selatan Simpang Playen.

$$\begin{aligned} C &= S \times g/c \\ &= 3292 \times 19/86 \\ &= 963 \end{aligned}$$

c. Derajat Kejenuhan

Perhitungan Derajat Kejenuhan dipengaruhi oleh kapasitas dan arus lalu lintas. Berikut merupakan perhitungan Derajat Kejenuhan Simpang Playen pada pendekat selatan.

$$\begin{aligned} DS &= Q / C \\ &= 325 / 790 \\ &= 0,41 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

d. Panjang Antrian (QL)

Panjang antrian diukur pada tiap pendekat. Untuk menghitung panjang antrian maka diperlukan data jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ). Untuk menghitung jumlah antrian smp yang tersisa dari waktu hijau sebelumnya (NQ1) dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

DS dibawah 0,5 maka $NQ_1 = 0$

Langkah selanjutnya menghitung NQ_2 (jumlah antrian yang datang selama fase merah). Untuk menghitung NQ_2 diperlukan juga rasio hijau (GR) yang didapatkan dari waktu hijau dibagi waktu siklus.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Penentuan Nq_{max} dapat ditentukan dengan menggunakan grafik peluang untuk pembebanan lebih POL (5-10%). Setelah NQ diketahui, selanjutnya dihitung panjang antrian dengan mengalikan NQ dengan luas rata-rata yang digunakan per smp (20 m²) kemudian dibagi dengan lebar masuknya.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}}$$

Berikut perhitungan panjang antrian pada pendekat Selatan Simpang Playen:

$$\begin{aligned} QL &= \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \\ &= \frac{4,89 \times 20}{6,4} \\ &= 15,28 \end{aligned}$$

e. Tundaan

Berikut perhitungan tundaan pada pendekat Selatan Simpang Playen:

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} \\ &= \frac{0,5 \times (1-0,02)^2}{(1-0,02 \times 0,34)} \\ &= 0,48 \\ DT &= c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \\ &= 63 \times 0,48 + \frac{0 \times 3600}{2061} \\ &= 23,71 \end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan tundaan geometrik pada pendekat Selatan Simpang Playen:

$$\begin{aligned} DG &= (1 - P_{sv}) \times P_t \times 6 + (P_{sv} \times 4) \\ &= (1 - 0,62) \times 0,67 \times 6 + (0,62 \times 4) \\ &= 3,50 \end{aligned}$$

Setiap pendekat tundaan rata-rata dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$D_1 = \frac{\sum (Q \times D)}{Q_{TOT}}$$

Berdasarkan tabel, simpang Playen memiliki tundaan rata rata yaitu 30,61 detik/smp. Berdasarkan Peraturan Menteri No. 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Kegiatan Manajemen Rekayasa Lalu Lintas terkait indikator Tingkat Pelayanan Simpang, maka kondisi eksisting Simpang Gading memiliki tingkat pelayanan dengan nilai D.

Berdasarkan semua tahapan maka selanjutnya kinerja Simpang Playen dari parameter derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan dapat dilihat pada tabel di lampiran.