

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

3.1. Landasan Teoritis dan Normatif

Pelaksanaan pengerjaan skripsi memerlukan landasan atau dasar dari teori sebagai acuan dan pedoman dalam pengerjaan skripsi. Penelitian ini didasarkan dengan teori-teori berikut :

3.1.1. Lalu Lintas

Dalam Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan lalu lintas didefinisikan sebagai gerak kendaraan dan orang di Ruang Lalu Lintas Jalan, yang dimaksud dengan ruang lalu lintas adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah Kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa Jalan dan fasilitas pendukung.

3.1.2. Kawasan Komersial

Kawasan Komersial lahan yang diperuntukkan sebagai pusat perdagangan, pusat pemerintahan, hotel, perkantoran, grosir, dan gudang. (Murrans dan Suciyani 2021). Kawasan Komersial menurut kamus penataan ruang adalah kawasan yang memiliki fungsi utama komersial atau memiliki potensi kegiatan komersial, terdiri atas pusat perdagangan, jasa, dan industri.

3.1.3. Manajemen Rekayasa Lalu Lintas

Dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 tentang Manajemen dan Rekayasa, Analisis Dampak, serta Manajemen Kebutuhan Lalu Lintas, dilaksanakan agar jaringan jalan dapat digunakan secara optimal. Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas sebagaimana dimaksud di atas dilakukan dengan:

1. Memprioritaskan angkutan massal dengan membuat lajur dan jalur khusus;

2. Untuk pejalan kaki diberikan prioritas keselamatan dan kenyamanan;
3. Memberikan kemudahan untuk yang berkebutuhan khusus (cacat);
4. Integrasi antar moda angkutan;
5. Pada simpang dan ruas jalan harus adanya pengendalian lalu lintas;
6. Perlindungan terhadap lingkungan.

Adapun tiga strategi manajemen lalu lintas dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel III. 1 Strategi dan Teknik Manajemen Rekayasa Lalu Lintas

No	Strategi	Teknik
1	Manajemen Kapasitas	1) Perbaikan Persimpangan. 2) Manajemen ruas jalan : <ul style="list-style-type: none"> - Pemisahan tipe kendaraan - Kontrol "<i>on-street parking</i>" (tempat, waktu) - Pelebaran jalan 3) <i>Area traffic control</i> <ul style="list-style-type: none"> - Batasan tempat membelok - Sistem jalan satu arah - Koordinasi lampu lalu lintas
2	Manajemen Prioritas	<ul style="list-style-type: none"> - Prioritas bus, jalur khusus bus - Akses angkutan barang, bongkar muat - Kontrol daerah parkir
3	Manajemen Demand (<i>Restraint</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Kebijakan parkir - Penutupan jalan - <i>Area and cordon licensing</i> - Batasan fisik

3.1.4. Simpang

Menurut Peraturan Pemerintah No. 32 Tahun 2011 mengendalikan lalu lintas di ruas jalan tertentu dan persimpangan antara lain dilakukan melalui penerapan alat pemberi isyarat lalu lintas, bundaran dan pemanfaatan teknologi untuk kepentingan lalu lintas, pemilihan metode pengendalian tergantung pada besarnya arus lalu lintas dan keselamatan. Terkadang lampu lalu lintas digunakan pada Simpang Prioritas Lalu Lintas, tapi bukan merupakan teknik yang baku, hanya digunakan pada kasus-kasus tertentu saja. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 ada 5 cara pengendalian simpang yaitu dengan:

1. Persimpangan Prioritas

Persimpangan prioritas adalah persimpangan dengan arus kendaraan yang bergerak pada jalan-jalan kaki lainnya. Jalan-jalan kecil dan jalan-jalan utama harus jelas ditentukan dengan marka-marka jalan dan rambu-rambu lalu lintas dan yang harus mendapatkan perhatian adalah radius pada belokan serta jarak pandang bebas.

2. Pengendalian dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)

Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 49 Tahun 2014 terdiri atas: APILL dengan lampu tiga warna, APILL dengan lampu dua warna, dan APILL dengan lampu satu warna. Pengendalian simpang menggunakan APILL atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas dapat dilakukan paling sedikit memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Volume lalu lintas yang memasuki persimpangan rata-rata di atas 750 kendaraan / jam selama 8 jam;
2. Tundaan (delay) rata-rata kendaraan di persimpangan di atas 30 detik;

3. Rata-rata jumlah pejalan kaki yang menyeberang diatas 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam/hari;
4. Jumlah kecelakaan di atas 5 kejadian kecelakaan/tahun.
3. Pengendalian Simpang dengan APILL yang dilengkapi belok kiri langsung
 - a. Pengendalian simpang APILL dengan belok kiri langsung ini dapat diterapkan apabila :
 - b. Jumlah gerakan belok kiri lebih dari 40 pergerakan selama periode sibuk;
 - c. Tersedia lajur khusus untuk kendaraan belok kiri langsung.
4. Pengendalian Simpang Bersinyal dengan Sistem APILL Terkoordinasi

Pengendalian simpang dengan sistem APILL atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas terkoordinasi atau dikenal dengan menggunakan Area Traffic Control System (ATCS) merupakan pengendalian lalu lintas pada beberapa simpang ber-APILL yang berada pada suatu wilayah yang saling berdekatan. Adapun syarat pengendalian simpang ber-APILL dengan menggunakan ATCS adalah sebagai berikut :

- a. Jumlah simpang yang ter koordinasikan sekurang-kurangnya 3 simpang
- b. Jarak antar simpang tidak lebih dari 1 km

Pengendalian simpang ber-APILL dengan ATCS ini dapat juga dilengkapi dengan beberapa peralatan pendukungnya yang meliputi:

- a. Kamera pemantau lalu lintas;
- b. Display information system (DIS);
- c. Variable message sign (VMS);
- d. Alat pendeteksi kendaraan angkutan umum masal berbasis jalan;

- e. Fase pengaturan khusus untuk angkutan umum masal berbasis jalan (Bus Priority);
 - f. Alat pemantau kecepatan dan volume lalu lintas.
5. Bundaran

Bundaran adalah suatu jenis pengaturan persimpangan yang di tengahnya diberikan suatu ruang dengan radius yang disesuaikan dengan lahan yang dimiliki. Adapun persyaratan pengaturan simpang dengan sistem bundaran adalah sebagai berikut :

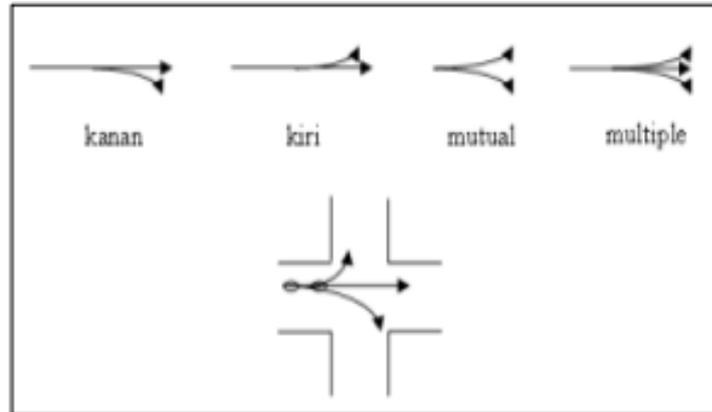
- a. Volume lalu lintas yang belok kanan di atas 30% dari volume lalu lintas;
- b. Volume lalu lintas dari masing-masing kaki pendekat relatif sama besar;
- c. Memiliki paling sedikit 4 kaki persimpangan;
- d. Tersedia ruang/lahan yang memadai untuk pembangunan bundaran lalu lintas.

3.1.5. Titik Konflik

Persimpangan memiliki tujuan untuk mengurangi potensi konflik antar kendaraan dan pejalan kaki, simpang juga memberikan keamanan, kenyamanan, serta kemudahan bagi kendaraan. Menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997). Secara umum pergerakan kendaraan di persimpangan dapat dibedakan menjadi 4 jenis dasar dari alih gerak kendaraan antara lain:

- a) *Diverging* (Berpencar)

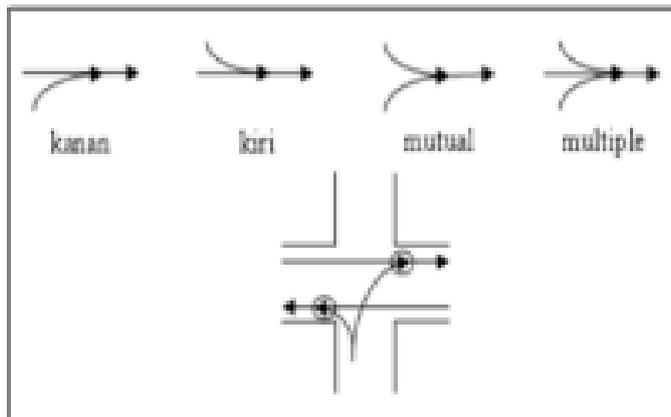
Diverging adalah peristiwa memisahkannya kendaraan dari suatu arus yang sama ke jalur lain.



Sumber : MKJI 1997

b) *Merging* (Menggabung)

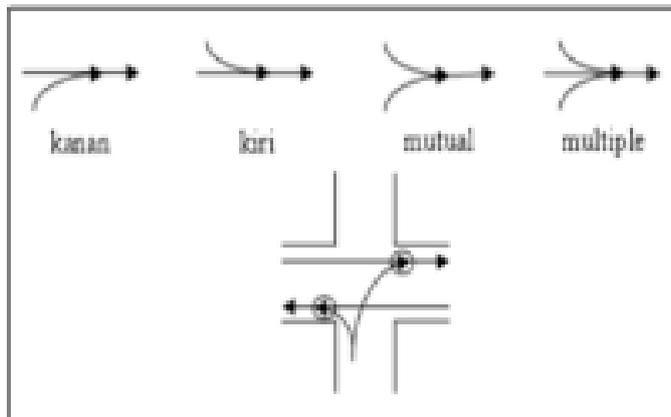
Merging adalah peristiwa menggabungkannya kendaraan dari suatu jalur ke jalur yang lain.



Sumber : MKJI 1997

c) *Crossing* (Berpotongan)

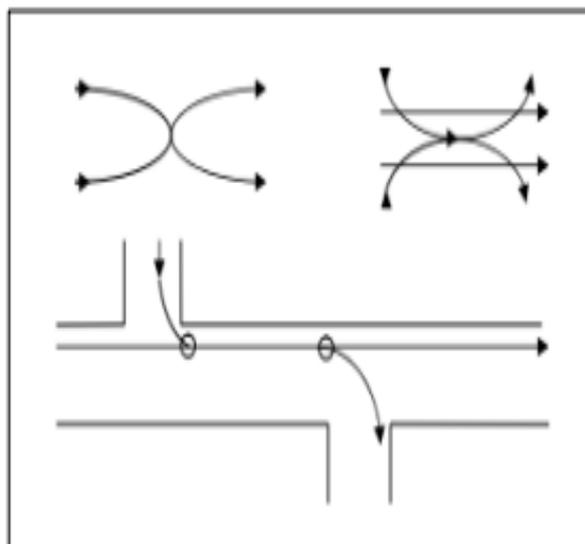
Crossing adalah peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur yang lain pada persimpangan, keadaan yang demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan tersebut.



Sumber : MKJI 1997

d) *Weaving* (Menggabung Lalu Berpencar)

Weaving adalah pertemuan dua arus lalu lintas atau lebih yang berjalan menurut arah yang sama sepanjang suatu lintasan di jalan raya tanpa bantuan rambu lalu lintas. Gerakan ini sering terjadi pada suatu kendaraan yang berpindah dari suatu jalur ke jalur lain misalnya pada saat kendaraan masuk ke suatu jalan raya dari jalan masuk, kemudian bergerak ke jalur lainnya untuk mengambil jalan keluar dari jalan raya tersebut keadaan ini juga akan menimbulkan titik konflik pada tersebut



Sumber : MKJI 1997

3.1.6. Kinerja Simpang

Kinerja simpang adalah suatu gambaran mengenai kemampuan simpang dalam menjalankan tugasnya untuk menyalurkan kendaraan menuju ke kaki simpang yang ditujunya. Dalam meningkatkan kinerja suatu simpang, ada beberapa komponen yang menjadi tolak ukur, yaitu kapasitas simpang, derajat kejenuhan, tundaan, peluang antrian, dan waktu henti.

3.1.7. Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat pelayanan persimpangan jalan adalah suatu kualitas perjalanan menggambarkan kondisi lalu lintas yang mungkin timbul pada suatu jalan akibat dari berbagai volume lalu lintas. Pelayanan simpang dapat digolongkan pada tingkat tertentu, yaitu antara A sampai F yang mencerminkan kondisinya. Tingkat pelayanan pada simpang menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 diklasifikasikan dengan ketentuan:

Tabel III. 2 Hubungan Tingkat Pelayanan Simpang dengan Tundaan

No.	Penundaan per Kendaraan (detik)	Tingkat Pelayanan
1	<5	A
2	5 – 15	B
3	15 – 25	C
4	25 – 40	D
5	40 – 60	E
6	>60	F

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015

Tingkat pelayanan simpang yang diharapkan pada ruas jalan dalam sistem jaringan jalan sesuai fungsi jalannya berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 tahun 2015 menyatakan;

1. Jalan arteri primer, tingkat pelayanan yang diharapkan sekurang-kurangnya B;
2. Jalan arteri sekunder, tingkat pelayanan yang diharapkan sekurang-kurangnya C;
3. Jalan kolektor primer, tingkat pelayanan yang diharapkan sekurang-kurangnya B;
4. Jalan kolektor sekunder, tingkat pelayanan yang diharapkan sekurang-kurangnya C;
5. Jalan lokal primer, tingkat pelayanan yang diharapkan sekurang-kurangnya D;
6. Jalan lokal sekunder, tingkat pelayanan yang diharapkan sekurang-kurangnya D;
7. Jalan lingkungan , tingkat pelayanan yang diharapkan sekurang-kurangnya D.

3.1.8. Optimalisasi Simpang

Optimalisasi adalah suatu usaha, proses, atau metodologi untuk membuat sesuatu (sebagai sebuah desain, sistem, atau keputusan) menjadi lebih sempurna, fungsional, atau lebih efektif (Sondakh, Sambiran, dan Kimbal 2019). Optimalisasi pada persimpangan dilakukan dengan menggunakan dasar rumus-rumus yang tertera di MKJI 1997 dengan metode pengaturan waktu siklus dan fase simpang yang disesuaikan. Pada Tabel III. 3 menjelaskan waktu siklus yang disarankan sesuai dengan tipe simpang.

Tabel III. 3 Rekomendasi Waktu Siklus yang Layak dengan Tipe Pengaturan Simpang

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (det)
Dua fase	40 – 80
Tiga fase	50 – 100
Empat fase	80 – 130

Sumber : MKJI 1997

Nilai yang lebih rendah akan dipakai untuk simpang dengan lebar < 10m, nilai yang lebih tinggi digunakan untuk jalan yang lebih lebar. Penggunaan waktu siklus yang lebih rendah dari yang disarankan akan menyulitkan pejalan kaki menyeberang jalan. Namun waktu siklus yang terlampaui lama seperti >130 detik juga sebisa mungkin dihindari, kecuali untuk simpang yang sangat besar, karena hal ini dapat menyebabkan kerugian dalam kapasitas simpang keseluruhan.

Apabila perhitungan tadi menghasilkan waktu siklus yang lebih tinggi dibandingkan batas yang ada di tabel rekomendasi maka dapat disimpulkan kapasitas dari simpang tersebut tidak mencukupi.

3.1.9. Koordinasi Sinyal Pada Simpang

Koordinasi antar simpang bersinyal merupakan suatu cara mengurangi tundaan dan antrian pada persimpangan. Sistem koordinasi persimpangan dibagi menjadi 4 macam, yaitu:

1. Sistem serentak (*Simultaneous System*), semua penunjuk warna sinyal pada suatu koridor jalan menyala pada saat bersamaan dengan konsep gelombang (*Greenwave*);
2. Sistem berganti-ganti (*Alternate System*), sistem ini penunjuk warna sinyal berganti pada waktu yang sama, tetapi sinyal yang berada di simpang di dekatnya memperlihatkan warna yang sebaliknya;
3. Sistem progresif sederhana (*Simple Progressive System*) dilengkapi dengan penunjuk sinyal jalan secara terpisah namun tetap dengan pedoman pengaturan siklus pada umumnya.
4. Sistem progresif fleksibel (*Flexible Progressive System*), sistem ini memiliki teknis pengendali induk. Pengendalian ini memberikan koordinasi yang baik antar sinyal dan juga memungkinkan perubahan siklus menyesuaikan dengan waktu.

Sistem koordinasi sinyal ini menjadi 3 tahap, antara lain:

a. Sistem optimalisasi/optimalisasi isolasi

Sistem optimalisasi simpang ini dilakukan perbaikan atau evaluasi dari simpang dengan menggunakan rumus dari MKJI 1997 tiap simpang dan dilakukan secara terisolasi.

b. Sistem koordinasi

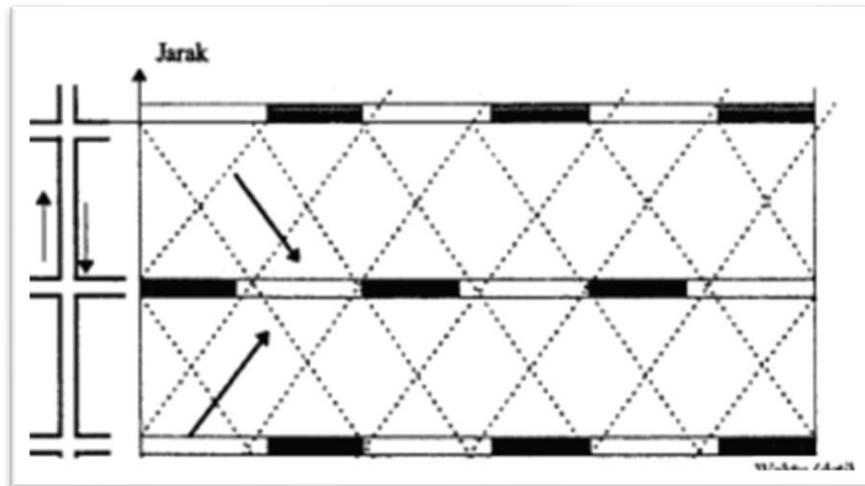
Koordinasi adalah suatu tahapan dalam peningkatan kinerja simpang yang dilakukan setelah dilakukan optimalisasi, sistem ini berjalan ketika koordinasi berbentuk jaringan.

c. Sistem koordinasi dengan konsep *Greenwave*

Sistem koordinasi dengan *Greenwave* ini adalah konsep kontrol lalu lintas secara keseluruhan, seluruh persimpangan jalan dikoordinasikan dan dikontrol oleh lampu sinyal untuk memastikan keselamatan jalan dan efisiensi lalu lintas. (Wu dkk., 2014). Koordinasi ini akan berfungsi dengan maksimal apabila persimpangan yang ada berdekatan dan memiliki pengaturan simpang dengan alat pemberi isyarat lalu lintas, sehingga hambatan total pada persimpangan akan berkurang.

Sistem serentak (*Simultaneous system*), semua indikasi warna pada satu koridor jalan menyala pada saat yang sama agar tercapainya gelombang hijau pada persimpangan (*greenwave*)

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



Gambar III. 1 Prinsip Koordinasi Sinyal dan Greenwave

1. Prinsip dasar koordinasi adalah waktu siklus yang optimum antar lampu lalu lintas yang dikoordinasikan. Situasi ini dapat tercapai apabila waktu siklus sama dengan waktu perjalanan atau *offset*-nya sama dengan waktu perjalanan.
 - a) Pemisahan hijau (proporsi relatif dari hijau)
 - b) *Offset* (perbedaan waktu periode hijau dari tiap persimpangan terhadap persimpangan acuan).

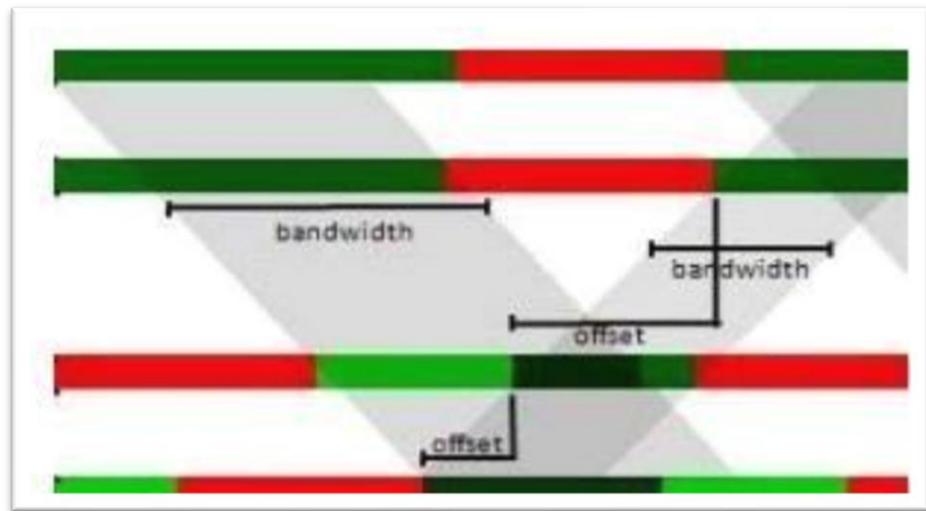
Apabila persimpangan akan dilakukan koordinasi, maka ada faktor yang perlu dipertimbangkan. Aspek-aspek tersebut meliputi:

- a) Persimpangan-persimpangan akan dihubungkan memiliki jarak yang dekat (kurang dari 800 m);
- b) Tidak ada gangguan dari :
 - 2) Lalu lintas akses;
 - 3) Parkir;
 - 4) Penyeberangan jalan;
 - 5) Tidak macet.

3.1.10. *Platoon Dispersion*

Platoon Dispersion merupakan iringan kendaraan yang bergerak dari simpang satu ke simpang kedua dengan melewati suatu ruas jalan (*link*), semakin kecil penyebaran maka semakin baik sistem koordinasi

yang dihasilkan, begitu 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 menyebar selama menempuh suatu *link*.



Sumber : *Transportation Engineering and Planning, 2005*

Gambar III. 2 Offset dan Bandwith Diagram Koordinasi

1. *Offset*

Offset adalah suatu perbedaan waktu antara mulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal waktu hijau di simpang berikutnya. (Papacostas, CS., & Prevedouros, 2005)

2. *Bandwith*

Bandwith adalah perbedaan waktu dalam lintasan paralel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir (Papacostas, CS., & Prevedouros, 2005)

3.2. Aplikasi Program TRANSYT

TRANSYT (*Traffic Network Study Tool*) ialah suatu program aplikasi yang digunakan untuk melaksanakan perencanaan pengaturan

simpang bersinyal dengan terkoordinasi. Program ini dikembangkan oleh TRRL (*Transport and Road Research Laboratory*) di Inggris sejak tahun 1967. Pemakaian program Transyt untuk koordinasi lampu lalu lintas butuh diteliti apakah hasil yang didapatkan telah sesuai dengan keadaan di lapangan, sebab mungkin besar koordinasi lampu lalu lintas tersebut masih membutuhkan kalibrasi. Di dalam optimalisasi pengaturan koordinasi sinyal antar simpang, ukuran Indeks Kinerja Jaringan (*Performance Index*) yang dipergunakan ialah dengan mencampurkan nilai simpang dengan sinyal ataupun dengan *pengaturan* prioritas serta nilai tundaan dan panjang antrian secara proporsional. Indeks Kinerja lainnya yang didapatkan ialah rata-rata kecepatan dan juga konsumsi bahan bakar dalam sistem jaringan jalan yang dapat dipergunakan untuk analisis lebih lanjut.

1. Asumsi Dasar dan Proses Kerja

Asumsi dasar dan proses kerja yang digunakan dalam program Transyt mengenai keadaan lalu lintas yang akan dianalisis sebagai berikut:

- a. Persimpangan dalam jaringan yang dikaji, menggunakan pengaturan simpang bersinyal, sistem prioritas ataupun *uncontrolled*;
- b. Pengaturan lampu lalu lintas pada semua simpang yang dikaji memiliki waktu siklus yang sama, dengan detail setiap fase dan periode minimum pada seluruh simpang diketahui.

2. Input untuk Aplikasi Transyt

- a. Data semua jaringan simpang, seperti waktu siklus;
- b. Kontrol proses optimalisasi;
- c. Arus lalu lintas per jam dan karakteristik lalu lintas lainnya pada ruas, seperti panjang jalan, waktu tempuh atau kecepatan perjalanan (*cruise time*);
- d. Pengaturan lampu pada tiap *node*.

3. Garis Besar Proses Kerja Program Transyt

- a. Dengan menggunakan model lalu lintas, berdasarkan data jaringan jalan dan volume lalu lintas dan pengaturan lalu lintas eksisting akan diperoleh indeks kinerja berupa total hambatan jumlah henti dalam jaringan;
 - b. Indeks kinerja dijadikan dasar dalam perencanaan optimalisasi pengaturan fase simpang yang baru;
 - c. Pengaturan fase simpang yang baru setelah itu dimasukkan ke dalam model sehingga didapatkan nilai indeks kerja yang baru;
 - d. Indeks kerja yang baru ini kemudian dibandingkan dengan indeks kinerja sebelumnya untuk melihat perbedaan yang dihasilkan dari pengaturan tersebut;
 - e. Proses ini diulang terus menerus sampai diperoleh pengaturan simpang yang paling optimal.
4. Indikator Kinerja yang Dihasilkan dengan Program Transyt
- a. Indikator Kinerja Persimpangan
 - 1) Derajat Kejenuhan;
 - 2) Tundaan;
 - 3) Panjang Antrian.
 - b. Indikator Jaringan Jalan
 - 1) *Total Distance Travelled* (PCU-KM-M);
 - 2) *Total Delay* (PCU-H/H);
 - 3) Waktu Tempuh;
 - 4) Kecepatan Rata-rata.

3.3. Perbandingan Penelitian Dengan Penelitian Sebelumnya

Dari hasil penelitian terdahulu yang sudah diteliti dengan tema penelitian yang sama, penulis menyajikan perbandingan perbedaan penelitian penulis dengan penelitian sebelumnya pada tabel di bawah ini:

Tabel III. 4 Tabel Perbandingan Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Judul	Tahun	Metode
1	A Ikhsan Karim dan Belinda Bastari	ANALISIS KOORDINASI ALAT PEMBERI ISYARAT LALU LINTAS (APILL) PADA DUA PERSIMPANGAN DI JL.SOEKARNO HATTA KOTA METRO	2022	Analisis simpang bersinyal dengan rumus MKJI 1997
2	Sani Sahertian, Anthoneta Maitimu, Penina T. Istia	ANALISIS KINERJA SIMPANG TAK BERSINYAL PADA JALAN SIMPANG HOTEL SANTIKA PREMIER KOTA AMBON	2022	Analisis simpang tak bersinyal dengan rumus MKJI 1997

3	Rezka Aulia	ANALISIS PENERAPAN KOORDINASI SIMPANG BERSINYAL PADA SIMPANG BEKASI TIMUR DAN SIMPANG DPRD	2023	Analisis simpang bersinyal dengan rumus MKJI 1997
4	Anita Susanti, R Endro Wibisono, dan Ardy Ferdianto	ANALISIS KOORDINASI SINYAL ANTAR SIMPANG JALAN RANUGRATI DAN SIMPANG JALAN MAYJEN M. WIYONO KOTA MALANG	2021	Analisis simpang bersinyal dengan rumus MKJI 1997

Perbedaan dari penelitian di atas dengan penelitian ini adalah pada lokasi, penelitian ini meneliti kawasan komersial di Kota Pekalongan. Untuk analisis yang dilakukan adalah analisis kinerja simpang bersinyal yang dilakukan dengan dasar MKJI 1997 dan melakukan *modelling* dengan menggunakan *software* Transyt untuk mencari kinerja eksisting dan kinerja setelah di optimalisasi.