

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Relavan

Dalam penelitian ini mengenai evaluasi kinerja simpang bersinyal menggunakan metode PKJI 2023 dan *Software PTV Vissim* mengacu pada penelitian terdahulu yang berkaitan. Oleh karena itu, berikut beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi pada penelitian ini.

Menurut (Theodora et al., 2025) Penelitian mengenai analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan PKJI 2023 dan mikrosimulasi PTV VISSIM pada Simpang Empat Muncul, Serpong dilakukan melalui pengamatan selama tiga hari, yaitu Sabtu, Selasa, dan Rabu. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan antara metode PKJI 2023 dan simulasi PTV VISSIM. Pada periode malam hari, misalnya pada pendekat utara, PKJI 2023 menghasilkan nilai tundaan sebesar 210,3 detik dengan panjang antrean mencapai 690 m (LOS F), sedangkan simulasi PTV VISSIM menunjukkan tundaan yang lebih rendah, yaitu 46,2 detik dengan panjang antrean 475,7 m, meskipun tetap berada pada tingkat pelayanan LOS F. Pada periode siang hari, pendekat timur menunjukkan panjang antrean hasil simulasi PTV VISSIM sebesar 284,4 m, lebih tinggi dibandingkan hasil PKJI 2023 sebesar 120 m. Namun, nilai tundaan yang dihasilkan PTV VISSIM lebih rendah, yaitu 40,4 detik dibandingkan 61,2 detik berdasarkan PKJI 2023. Sementara itu, pada pagi hari di pendekat selatan, PTV VISSIM menghasilkan tundaan sebesar 88 detik dengan tingkat pelayanan LOS E, sedangkan PKJI 2023 menghasilkan tundaan sebesar 32,6 detik dengan tingkat pelayanan LOS D, yang menunjukkan adanya perbedaan dalam menggambarkan tingkat kepadatan lalu lintas. Pada hari Selasa siang, hasil analisis di pendekat utara menunjukkan tundaan sebesar 136,2 detik (LOS E) berdasarkan PKJI 2023, sedangkan simulasi PTV VISSIM menghasilkan tundaan 42,7 detik (LOS E) dengan panjang antrean yang lebih pendek, yaitu 427,9 m dibandingkan 690 m. Selanjutnya, pada Rabu malam, PKJI 2023 mencatat tundaan sebesar 173,6 detik dengan tingkat pelayanan LOS F, sedangkan simulasi PTV VISSIM menghasilkan tundaan sebesar 42,2 detik dengan tingkat pelayanan LOS D, yang mengindikasikan kondisi lalu lintas yang lebih baik menurut hasil simulasi. Di sisi lain, hasil simulasi

pada periode pagi hari Selasa dan Rabu menunjukkan tingkat pelayanan yang relatif konsisten, yaitu LOS D, meskipun panjang antrian yang dihasilkan cenderung lebih besar, seperti pada pendekatan timur Rabu siang yang mencapai 213,5 m dibandingkan 105 m berdasarkan PKJI 2023. Perbedaan hasil yang diperoleh dari kedua metode disebabkan oleh perbedaan pendekatan analisis yang digunakan. PKJI 2023 menerapkan pendekatan deterministik yang didasarkan pada persamaan empiris sehingga menghasilkan nilai rata-rata dan cenderung memberikan estimasi tundaan yang lebih tinggi. Sebaliknya, PTV VISSIM menggunakan pendekatan mikrosimulasi stokastik yang mampu merepresentasikan perilaku masing-masing pengemudi, seperti waktu reaksi, interaksi antarkendaraan, dan perubahan kondisi lalu lintas secara dinamis. Selain itu, PTV VISSIM tidak menghasilkan parameter derajat kejenuhan (DJ). Oleh karena itu, penggunaan kedua metode secara bersamaan memberikan gambaran yang lebih komprehensif dalam mengevaluasi kinerja simpang serta menjadi dasar dalam merumuskan alternatif penanganan kemacetan.

Menurut (P et al., 2023) Penelitian mengenai optimalisasi kinerja simpang bersinyal pada Simpang Peterongan dan Simpang Ahmad Yani dilakukan menggunakan metode PKJI 2023 dan perangkat lunak PTV VISSIM. Upaya optimalisasi dilakukan melalui penyesuaian waktu siklus, redistribusi waktu hijau, perubahan fase sinyal, serta pengaturan kembali rute perjalanan untuk memperoleh kinerja simpang yang lebih baik. Berdasarkan hasil analisis menggunakan PKJI 2023, kondisi eksisting Simpang Ahmad Yani berada pada tingkat pelayanan (Level of Service/LOS) F dengan nilai tundaan rata-rata sebesar 82 detik, sedangkan Simpang Peterongan juga berada pada kategori LOS F dengan tundaan rata-rata sebesar 139 detik. Setelah dilakukan optimalisasi, kinerja kedua simpang mengalami peningkatan, yaitu Simpang Ahmad Yani memperoleh tundaan rata-rata sebesar 15 detik dan Simpang Peterongan sebesar 16 detik, sehingga keduanya berada pada kategori LOS C. Hasil simulasi menggunakan PTV VISSIM juga menunjukkan adanya peningkatan kinerja simpang setelah dilakukan optimalisasi. Pada kondisi eksisting, Simpang Ahmad Yani memiliki tundaan rata-rata sebesar 43,58 detik dengan tingkat pelayanan LOS E, sedangkan Simpang Peterongan memiliki tundaan rata-rata sebesar 38,04 detik dengan tingkat pelayanan LOS D. Setelah penerapan alternatif optimalisasi, tundaan rata-rata di Simpang Ahmad Yani menurun menjadi

6,8 detik dan di Simpang Peterongan menjadi 14,3 detik, sehingga kedua simpang mencapai tingkat pelayanan LOS B. Perbedaan hasil analisis antara PKJI 2023 dan PTV VISSIM disebabkan oleh karakteristik metode yang digunakan. PKJI 2023 menghitung kinerja simpang dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang memengaruhi kondisi lalu lintas, seperti hambatan samping, karakteristik lingkungan, aktivitas parkir, dan faktor penyesuaian lainnya. Sebaliknya, PTV VISSIM merupakan perangkat lunak simulasi mikroskopis yang lebih menitikberatkan pada perilaku pergerakan kendaraan dan menghasilkan penilaian kinerja berdasarkan parameter tundaan. Selain itu, PKJI 2023 menghasilkan parameter derajat kejenuhan (DJ) dan tundaan sebagai indikator utama kinerja simpang, sedangkan PTV VISSIM tidak menghasilkan nilai derajat kejenuhan dan hanya menyajikan parameter operasional, seperti tundaan, panjang antrean, dan tingkat pelayanan. Oleh karena itu, penggunaan kedua metode secara bersamaan dapat memberikan evaluasi yang lebih menyeluruh terhadap kinerja simpang serta efektivitas alternatif optimalisasi yang diterapkan.

Menurut (Anugrah et al., 2025) Penelitian mengenai analisis kinerja simpang bersinyal (APILL) dan ruas Jalan Raya Bogor–Jalan H. Bokir Bin Dji'un, Kota Jakarta Timur menggunakan PKJI 2023 menunjukkan bahwa kapasitas simpang pada kondisi eksisting berbeda pada setiap pendekat. Kapasitas pendekat selatan tercatat sebesar 579 smp/jam, pendekat utara sebesar 729 smp/jam, dan pendekat timur sebesar 565 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan masing-masing pendekat adalah 0,697 pada pendekat selatan, 0,918 pada pendekat utara, dan 0,849 pada pendekat timur. Hasil analisis juga menunjukkan tundaan rata-rata simpang sebesar 66 detik dengan tingkat pelayanan (Level of Service/LOS) kategori F, sehingga diperlukan alternatif penanganan untuk meningkatkan kinerja simpang. Selain melakukan evaluasi pada simpang, penelitian tersebut juga menganalisis kinerja ruas Jalan Raya Bogor. Hasil perhitungan menunjukkan kapasitas ruas jalan menuju Pasar Rebo sebesar 2.970 smp/jam, sedangkan arah Cililitan sebesar 2.881 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada kedua arah masing-masing sebesar 0,59 dan 0,55, dengan tingkat pelayanan berada pada kategori LOS C. Berdasarkan hasil tersebut, kinerja ruas jalan dinilai masih mampu melayani arus lalu lintas dengan baik sehingga tidak diperlukan alternatif penanganan pada ruas jalan tersebut. Alternatif yang diterapkan untuk

meningkatkan kinerja simpang dilakukan dengan mengubah fase sinyal pada pendekat timur sehingga kendaraan belok kiri dapat bergerak langsung (left turn on red), serta menyediakan fasilitas putar balik (U-turn) pada jarak 300 meter dari pendekat selatan. Penerapan alternatif tersebut meningkatkan kapasitas pendekat selatan menjadi 844 smp/jam dan pendekat utara menjadi 1.452 smp/jam. Selain itu, nilai derajat kejenuhan menurun menjadi 0,686 pada pendekat selatan dan 0,502 pada pendekat utara. Tundaan rata-rata simpang juga mengalami penurunan menjadi 13,7 detik dengan tingkat pelayanan meningkat menjadi kategori LOS B pada periode sore hari. Hasil tersebut menunjukkan bahwa alternatif yang diterapkan mampu meningkatkan kinerja simpang secara signifikan, terutama melalui penurunan tundaan dan peningkatan tingkat pelayanan.

Menurut (Ramzy & Supriyanto, 2025) Penelitian mengenai analisis kinerja simpang bersinyal di Kota Malang menggunakan PKJI 2023 dengan studi kasus Simpang Dieng menunjukkan bahwa arus lalu lintas tertinggi terjadi pada hari Rabu, 11 Oktober 2023. Pada jam puncak pagi (06.30–07.30 WIB), volume lalu lintas mencapai 3.806 smp/jam, sedangkan pada jam puncak siang (12.30–13.30 WIB) tercatat sebesar 3.200 smp/jam. Hasil analisis menunjukkan bahwa tundaan rata-rata simpang pada jam puncak pagi mencapai 187,9 detik/smp, sedangkan pada jam puncak siang sebesar 85,7 detik/smp. Kondisi tersebut mengakibatkan seluruh pendekat berada pada tingkat pelayanan (Level of Service/LOS) kategori F yang menunjukkan kinerja simpang dalam kondisi sangat buruk. Untuk meningkatkan kinerja simpang, penelitian tersebut mengevaluasi empat alternatif penanganan. Hasil analisis menunjukkan bahwa dua dari empat alternatif yang diusulkan mampu mencapai target tingkat pelayanan minimal kategori C. Di antara seluruh alternatif, alternatif keempat memberikan hasil yang paling optimal melalui penerapan larangan belok kanan pada seluruh pendekat serta perubahan pengaturan sinyal menjadi dua fase. Penerapan alternatif tersebut menghasilkan tundaan rata-rata simpang sebesar 13,3 detik/smp dengan tingkat pelayanan meningkat menjadi kategori LOS B. Selain itu, panjang antrean maksimum berkurang menjadi 45 meter dan seluruh nilai derajat kejenuhan berada di bawah batas yang direkomendasikan ($DJ < 0,85$), dengan nilai tertinggi sebesar 0,515 pada pendekat barat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan fase sinyal dan pembatasan pergerakan kendaraan dapat meningkatkan

kapasitas serta memperbaiki kinerja simpang secara signifikan.

Menurut (Prima et al., 2023) Penelitian mengenai analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM dengan studi kasus Simpang Gunung Sabeulah, Kota Tasikmalaya, menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting dengan pengaturan dua fase, volume lalu lintas tertinggi terjadi pada pendekat utara (Jalan Mitra Batik) sebesar 1.489 kendaraan/jam, diikuti pendekat selatan (Jalan Gunung Sabeulah) sebesar 1.328 kendaraan/jam, pendekat timur (Jalan Galunggung) sebesar 1.007 kendaraan/jam, dan pendekat barat (Jalan Bantar) sebesar 705 kendaraan/jam. Hasil simulasi menggunakan PTV VISSIM menunjukkan bahwa kondisi eksisting menghasilkan panjang antrean rata-rata (queue length/QLen) sebesar 18,78 m dengan tundaan rata-rata sebesar 30,82 detik/kendaraan. Berdasarkan nilai tundaan tersebut, tingkat pelayanan (Level of Service/LOS) berada pada kategori C. Meskipun kinerja simpang masih berada pada tingkat pelayanan kategori C, penelitian tersebut tetap mengevaluasi beberapa alternatif penanganan untuk meningkatkan efisiensi pengoperasian simpang. Dari empat alternatif yang dianalisis, alternatif pertama memberikan hasil yang paling optimal melalui penyesuaian waktu siklus sinyal dari 77 detik menjadi 62 detik. Penerapan alternatif tersebut mampu menurunkan panjang antrean rata-rata menjadi 15,68 m serta mengurangi tundaan rata-rata simpang menjadi 23,30 detik/kendaraan. Meskipun tingkat pelayanan tetap berada pada kategori LOS C, hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan kinerja simpang dibandingkan kondisi eksisting melalui pengurangan panjang antrean dan tundaan kendaraan.

Menurut (Study et al., 2024) Penelitian mengenai pemodelan kinerja simpang bersinyal menggunakan simulasi PTV VISSIM dengan studi kasus Simpang Patung Kirab, Kota Kupang, menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting setiap pendekat memiliki tingkat tundaan yang berbeda. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa pendekat Jalan Frans Seda arah timur laut memiliki tundaan sebesar 56,01 detik/kendaraan, Jalan Veteran sebesar 53,99 detik/kendaraan, Jalan Frans Seda arah barat daya sebesar 47,01 detik/kendaraan, dan Jalan Thamrin sebesar 36,19 detik/kendaraan. Berdasarkan nilai tundaan tersebut, tingkat pelayanan (Level of Service/LOS) pada pendekat Jalan Frans Seda arah timur laut, Jalan Veteran, dan Jalan Frans Seda arah barat daya berada pada kategori LOS E, sedangkan pendekat

Jalan Thamrin berada pada kategori LOS D. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kinerja simpang pada kondisi eksisting masih belum optimal dan memerlukan upaya perbaikan. Untuk meningkatkan kinerja simpang, penelitian tersebut mengevaluasi beberapa alternatif penanganan menggunakan simulasi PTV VISSIM. Berdasarkan hasil analisis, alternatif usulan kedua memberikan hasil yang paling efektif, yaitu dengan melakukan pelebaran geometri simpang. Penerapan alternatif tersebut mampu menurunkan tundaan rata-rata simpang secara signifikan, dari 50,49 detik/kendaraan menjadi 33,96 detik/kendaraan. Dengan demikian, pelebaran geometri simpang dinilai mampu meningkatkan kapasitas dan memperbaiki kinerja lalu lintas sehingga kondisi operasional simpang menjadi lebih baik dibandingkan kondisi eksisting.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Persimpangan

Persimpangan jalan adalah daerah atau tempat dimana dua atau lebih jalan raya yang berpencar, bergabung, bersilangan dan berpotongan, termasuk fasilitas jalan dan sisi jalan untuk pergerakan lalu lintas pada daerah itu. Fungsi operasional utama dari persimpangan adalah untuk menyediakan perpindahan atau perubahan arah perjalanan. Persimpangan merupakan titik di mana terjadi pertemuan atau percabangan antara banyak jalan, baik sejajar maupun tidak sejajar, yang menjadi bagian dari suatu sistem jaringan jalan. Persimpangan memiliki peran yang penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan dalam jaringan jalan. Persimpangan perlu diatur dan dikelola dengan baik untuk mencegah masalah seperti kemacetan. Selain itu, tujuan pembuatan persimpangan adalah untuk mengendalikan konflik antara pejalan kaki dan kendaraan. Beberapa masalah yang terkait dengan persimpangan meliputi hal-hal sebagai berikut.

1. Volume dan kapasitas, yang mempengaruhi hambatan.
2. Desain geometri jalan dan kebebasan pandang.
3. Kecelakaan dan keselamatan.
4. Parkir, akses, dan pembangunan umum.
5. Pejalan kaki.
6. Jarak antar simpang.

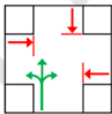
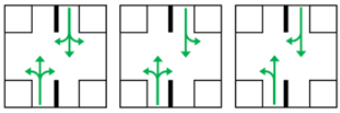
2.2.2 Simpang APRILL Menurut PKJI 2023

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023) menyatakan bahwa simpang APILL merupakan pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang yang dilengkapi dengan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) untuk mengatur lalu lintas pada simpang dengan cara meminimalkan konflik, baik konflik primer maupun konflik sekunder dengan memisahkan waktu berjalannya arus. APILL dianggap sebagai metode paling efektif dalam mengatur lalu lintas di persimpangan dengan volume lalu lintas yang relatif tinggi pada setiap lengan simpang.

2.2.2.1 Tipe Pendekat

Penentuan tipe pendekat dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Tipe Pendekat

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola pengaturan pada pendekat
Terlindung (Tipe P)	Arus berangkat tidak konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan	
		
		
Terlawan (Tipe O)	Arus berangkat konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan	

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

2.2.2.2 Satuan Mobil Penumpang

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) satuan mobil penumpang (SMP) satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai kendaraan yang berbeda telah diubah menjadi arus mobil penumpang dengan menggunakan nilai ekuivalen mobil penumpang. Ekuivalensi mobil penumpang (EMP) adalah faktor konversi untuk jenis kendaraan sedang, bus besar, truk besar, dan sepeda motor yang dibandingkan terhadap mobil penumpang sehubungan dengan dampaknya terhadap kapasitas jalan, untuk mobil penumpang dan juga kendaraan ringan yang mirip memiliki nilai EMP 1.

Angka ekuivalensi kendaraan penumpang dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Ekuivalensi mobil penumpang (EMP)

Jenis Kendaraan	EMP untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
MP	1,00	1,00
KS	1,30	1,30
SM	0,15	0,40

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Keterangan:

MP = Mobil Penumpang

KS = Kendaraan Sedang

SM = Sepeda Motor

2.2.3 Arus Jenuh

Arus jenuh (J) merupakan besarnya arus lalu lintas keberangkatan antrean dari dalam suatu pendekat selama kondisi yang ada dan dinyatakan dalam satuan SMP/jam. Arus jenuh pada Simpang APILL dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1 berikut:

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKI} \times F_{BKA} \quad 2.1$$

Keterangan:

F_{HS} = faktor koreksi J_0 akibat hambatan samping lingkungan jalan (Tabel 2.3).

F_{UK} = faktor koreksi J_0 terkait ukuran kota (Tabel 2.4).

F_G = faktor koreksi J_0 akibat kelandaian memanjang pendekat (Gambar 2.1).

F_P = faktor koreksi J_0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama (Gambar 2.2). F_P dapat dihitung dari persamaan 2.2 yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau.

$$F_P = \frac{\left[\frac{L_P}{3} - \frac{(L-2) \times \frac{L_P}{3} \cdot W_H}{L} \right]}{W_H} \quad 2.2$$

Keterangan:

L_P = jarak antara garis henti ke kendaraan yang parkir pertama pada lajur belok kiri atau panjang dari lajur belok kiri yang pendek, dalam meter.

adalah lebar pendekat, dalam meter.

W_H = waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normalnya 27 detik).

F_{BK_i} = faktor koreksi J_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri (Gambar 2.3, dengan ketentuan tertentu).

F_{BK_a} = faktor koreksi J_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan (Gambar 2.4, dengan ketentuan tertentu).

Arus jenuh dasar pada Simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3 berikut:

$$J_0 = 600 \times Le \quad 2.3$$

Keterangan:

J_0 = arus jenuh dasar (SMP/jam), dan

Le = lebar efektif pendekat (meter)

Tabel 2.3 Faktor Koreksi tipe lingkungan, Hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{HS})

Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial (KOM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,91	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindungi	0,93	0,88	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindungi	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72

		Terlindungi	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (KIM)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindungi	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindungi	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindungi	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (AT)	Tinggi/ Sedang /Rendah	Terlawan	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindungi	1,0	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

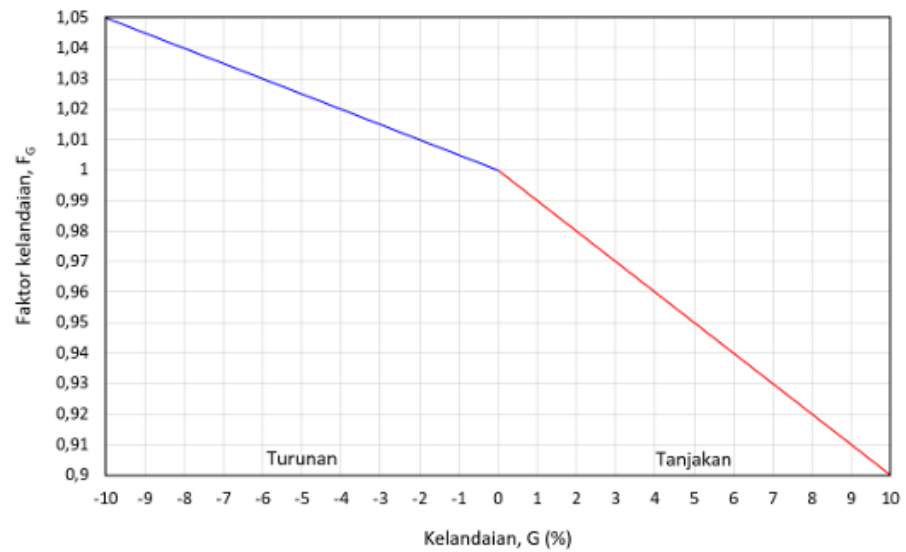
Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Tabel 2.4 Faktor Koreksi ukuran Kota (F_{UK})

Jumlah penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor Koreksi ukuran kota (F _{UK})
>3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
<0,1	0,82

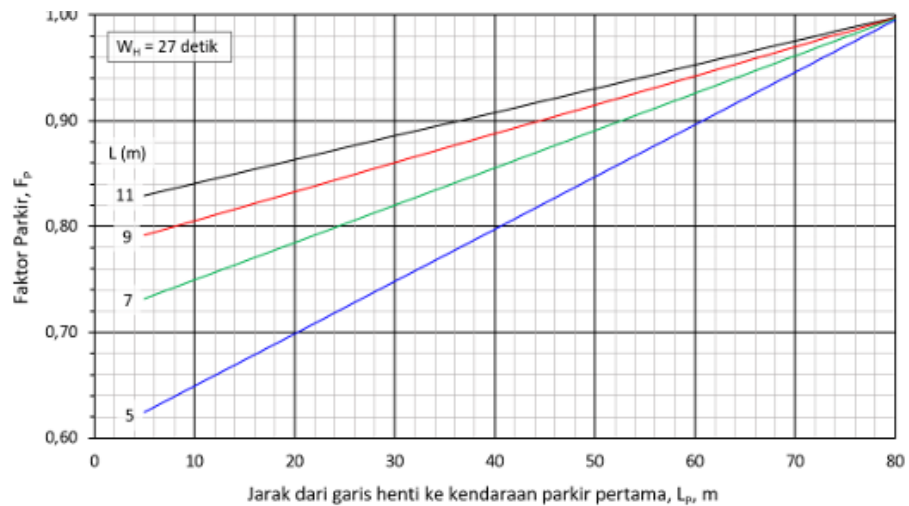
Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Faktor penyesuaian kelandaian (FG) yaitu fungsi dari kelandaian lengan simpang yang ditentukan dari Gambar 2.1 berikut:

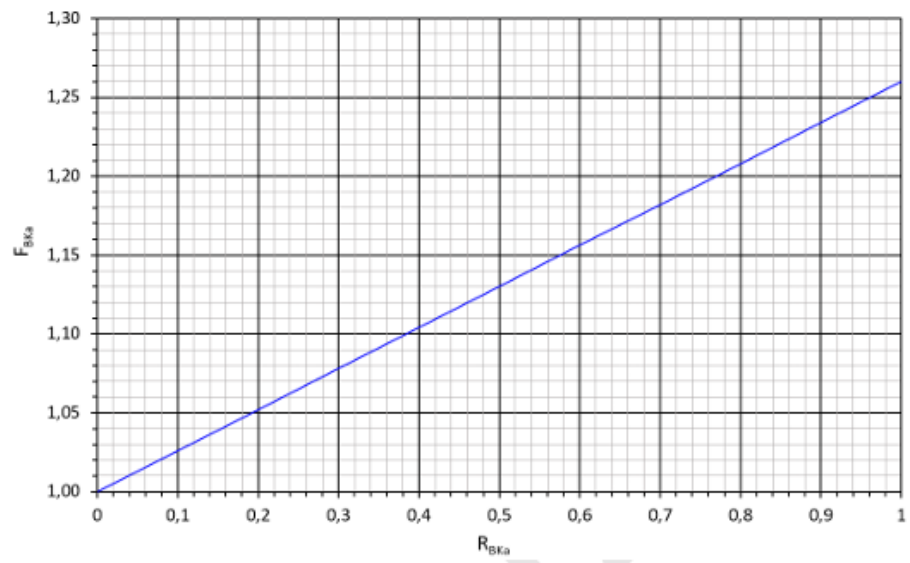


Gambar 2.1 Faktor penyesuaian kelayaian
 Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

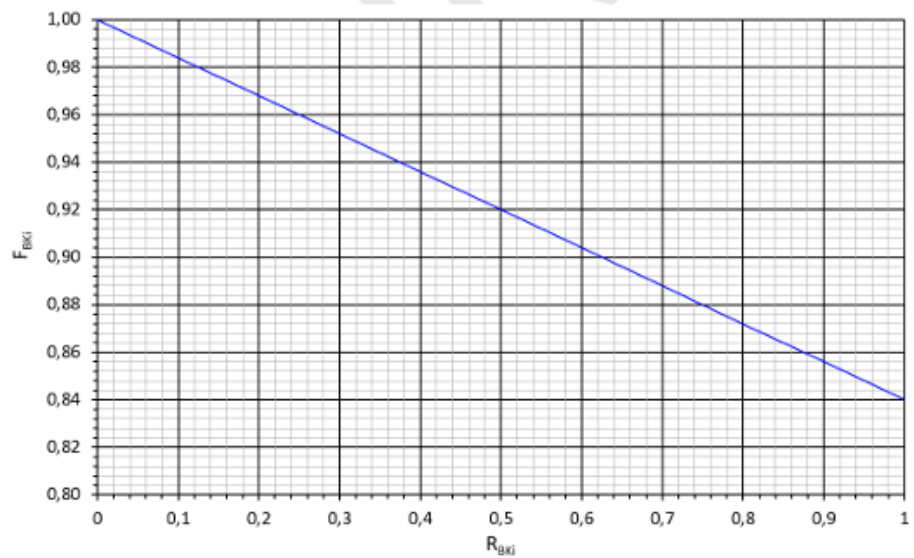
Faktor penyesuaian parkir (FP) adalah jarak dari garis henti ke kendaraan yang parkir pertama. Faktor penyesuaian parkir dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Faktor penyesuaian parkir
 Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)



Gambar 2.3 Faktor koreksi untuk belok kanan (F_{BKa})
 Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)



Gambar 2.4 Faktor koreksi untuk belok kiri (F_{BKi})
 Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

2.2.4 Rasio Arus

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga (2023), dalam menganalisis rasio arus terhadap arus jenuh, $R_{q/j}$, perlu memerhatikan beberapa hal yaitu :

- Jika arus BKiJT harus dipisahkan dari analisis, maka hanya arus lurus dan belok kanan saja yang dihitung sebagai nilai q
- Jika Laju Ekuivalen (LE) = Laju Kendaraan (LK), maka hanya arus lurus saja yang masuk dalam nilai q
- Jika pendekat mempunyai 2 (dua) fase, yaitu fase kesatu untuk arus terlawan (O) dan fase kedua untuk arus terlindung (P), maka arus gabungan dihitung dengan pembobotan seperti proses perhitungan arus jenuh.

$R_{q/j}$ dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4 berikut:

$$R_{q/j} = \frac{q}{j} \quad 2.4$$

2.2.5 Waktu siklus dan Waktu Hijau

Waktu isyarat terdiri dari waktu siklus (s) dan waktu hijau (WH). Waktu siklus dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5 berikut:

$$S = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{q/J} \text{ kritis})} \quad 2.5$$

Keterangan:

S = waktu siklus, dalam detik.

W_{HH} = jumlah waktu hijau hilang per siklus, dalam detik.

$R_{q/J}$ = rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh, q/J .

$R_{q/J}$ kritis = nilai $R_{q/J}$ yang tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama.

$\sum R_{q/J}$ kritis = rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua $R_{q/J}$ kritis dari semua fase) pada siklus tersebut.

Tabel 2.5 Waktu Siklus yang layak

Tipe Pengaturan	Siklus yang layak (detik)
Pengaturan dua-fase	40-80
Pengaturan tiga-fase	50-100
Pengaturan empat-fase	80-130

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Waktu hijau untuk masing-masing fase dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6 berikut:

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times \frac{Rq/J \text{ kritis}}{\sum_i (Rq/J \text{ kritis})_i} \quad 2.6$$

Keterangan:

W_{Hi} = waktu hijau pada fase i, detik.

I = indeks untuk fase ke i.

2.2.6 Kapasitas Simpang APRILL

Kapasitas simpang APRILL diukur dalam satuan SMP/jam. Kapasitas simpang APRILL dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7 berikut:

$$C = J \times \frac{wH}{S} \quad 2.7$$

Keterangan:

C = kapasitas Simpang APILL, dalam SMP/jam.

J = arus jenuh, dalam SMP/jam.

wH = total waktu hijau dalam satu siklus, dalam detik.

S = waktu siklus, dalam detik

2.2.7 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_j) dihitung menggunakan persamaan 2.8 berikut:

$$D_j = \frac{q}{c} \quad 2.8$$

Keterangan:

D_j = derajat kejenuhan

C = kapasitas segmen jalan, dalam SMP/jam

q = volume lalu lintas, dalam SMP/jam, yang dalam analisis kapasitas terdiri dari dua jenis, yaitu $q_{eksisting}$ hasil perhitungan lalu lintas dan q_{JP} hasil prediksi atau hasil perencanaan.

2.2.8 Panjang Antrian

Panjang Antrian merupakan panjang suatu kendaraan di dalam suatu pendekat kemudian dinyatakan dalam satuan meter. Jumlah rata-rata antrean kendaraan (SMP) pada awal isyarat lampu hijau (N_q) dapat dihitung dengan

menambahkan jumlah kendaraan terhenti (SMP) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dengan jumlah kendaraan (SMP) yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2}). Perhitungan tersebut dapat dilihat pada persamaan 2.9, 2.10 dan 2.11

Jika $D_j \leq 0,5$, maka $N_{q1} = 0$

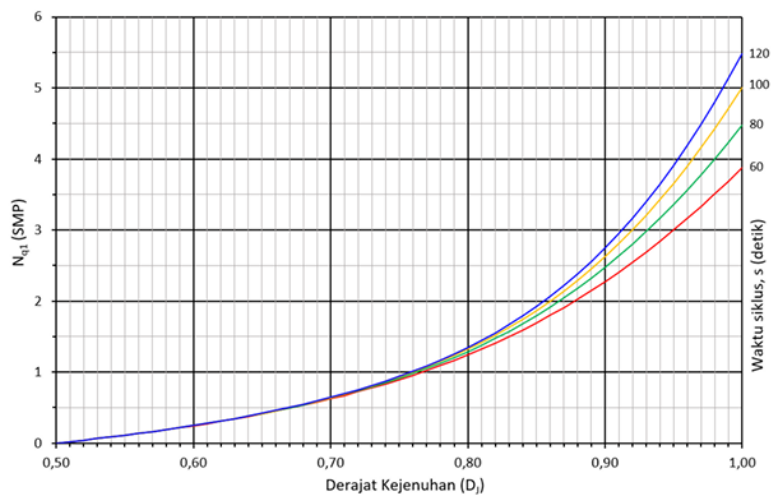
$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad 2.9$$

Jika $D_j > 0,5$, maka

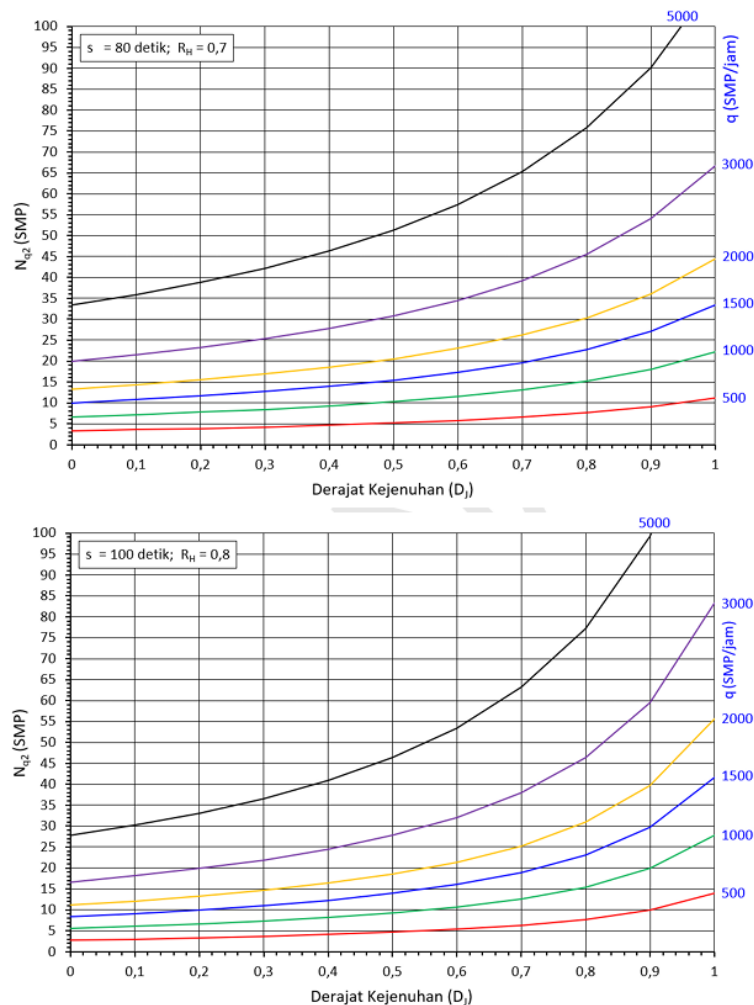
$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{s}} \right\} \quad 2.10$$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_j)} \times \frac{q}{3600} \quad 2.11$$

Nilai N_{q1} dapat pula diperoleh dengan menggunakan diagram pada Gambar 2.5 dan nilai N_{q2} menggunakan diagram pada Gambar 2.6.



Gambar 2.5 Jumlah kendaraan tersisa (SMP) dari sisa fase sebelumnya
Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)



Gambar 2.6 Jumlah kendaraan yang datang kemudian antri pada fase merah
Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Panjang antrian (PA) diperoleh dari perkalian N_q (SMP) dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu mobil penumpang (SMP) yaitu 20 m^2 , dibagi lebar masuk (m), sebagaimana Persamaan 2.12 berikut:

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \quad 2.12$$

2.2.9 Rasio Kendaraan Henti

R_{KH} yaitu rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu Simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut, dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.13 atau dapat menggunakan Gambar 2.7.

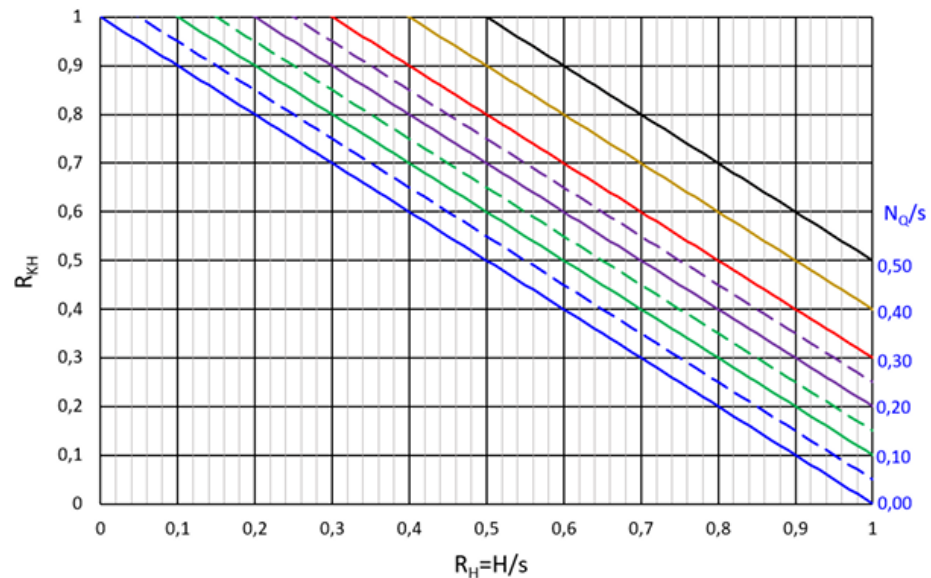
$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600 \quad 2.13$$

Keterangan:

N_q = jumlah rata-rata antrian kendaraan (SMP) pada awal isyarat hijau.

S = waktu siklus, dalam detik.

q = arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau, dalam SMP/jam.



Gambar 2.7 Penentuan rasio kendaraan terhenti, R_{KH}

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti, N_{KH} , adalah jumlah berhenti rata rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu Simpang APILL, dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.14 berikut:

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \quad 2.14$$

2.2.10 Tundaan

Tundaan pada suatu Simpang APILL terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu 1) tundaan lalu lintas (TLL), dan 2) tundaan geometri (TG). Tundaan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.15 berikut.

$$T = T_{LL} + T_G \quad 2.15$$

Tundaan lalu lintas adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu persimpangan apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa persimpangan yang disebabkan oleh interaksi antara gerakan arus lalu lintas yang berlawanan di persimpangan. Tundaan lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.16 atau Persamaan 2.17 sebagai berikut.

Untuk $D_J \leq 0,6$

$$T_{LL} = 2 + 8,2078 \times D_J - (1 - D_J)^2 \quad 2.16$$

Untuk $D_J > 0,6$

$$T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times D_J)} - (1 - D_J)^2 \quad 2.17$$

Tundaan lalu lintas jalan utama merupakan tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor. Tundaan lalu lintas jalan utama dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.18 atau Persamaan 2.19 sebagai berikut.

Untuk $D_J \leq 0,6$

$$T_{LLma} = 1,8 + 5,8234 \times D_J - (1 - D_J)^{1,8} \quad 2.18$$

Untuk $D_J > 0,6$

$$T_{LLma} = \frac{1,0504}{(0,346 - 0,246 \times D_J)} - (1 - D_J)^{1,8} \quad 2.19$$

Tundaan lalu lintas rata-rata jalan minor adalah waktu tambahan yang dialami oleh semua kendaraan bermotor yang memasuki persimpangan dari jalan minor. Tundaan lalu lintas jalan minor dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.20 sebagai berikut.

$$T_{LLmi} = \frac{q_{KB} \times T_{LL} - q_{ma} \times T_{LLma}}{q_{mi}} \quad 2.20$$

Keterangan:

q_{KB} = arus total kendaraan bermotor yang masuk simpang (SMP/jam), dan

q_{ma} = arus kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor (SMP/jam).

Tundaan geometri simpang adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu persimpangan apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa persimpangan yang disebabkan oleh perlambatan dan atau percepatan arus lalu lintas yang membelok di persimpangan. Tundaan geometri simpang dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.21 atau Persamaan 2.22 sebagai berikut.

Untuk $D_J < 1$

$$T_G = (1 - D_J) \times \{6 \times R_B + 3 \times (1 - R_B)\} + 4 \times D_J \quad 2.21$$

Untuk $D_J \geq 1$

$$T_G = 4 \quad 2.22$$

Keterangan:

T_G = tundaan geometri simpang (detik/SMP), dan

R_B = rasio arus belok terhadap arus kendaraan bermotor total simpang

2.2.11 Peluang antrian

Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan bahwa peluang antrean merupakan peluang terjadinya antrean kendaraan yang mengantre di sepanjang pendekat. Peluang Antrean (P_a) tergantung dari D_j dan digunakan sebagai salah satu dasar penilaian kinerja lalu lintas Simpang. P_a dinyatakan dalam rentang kemungkinan (%) dan dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.23 dan 2.24 berikut :

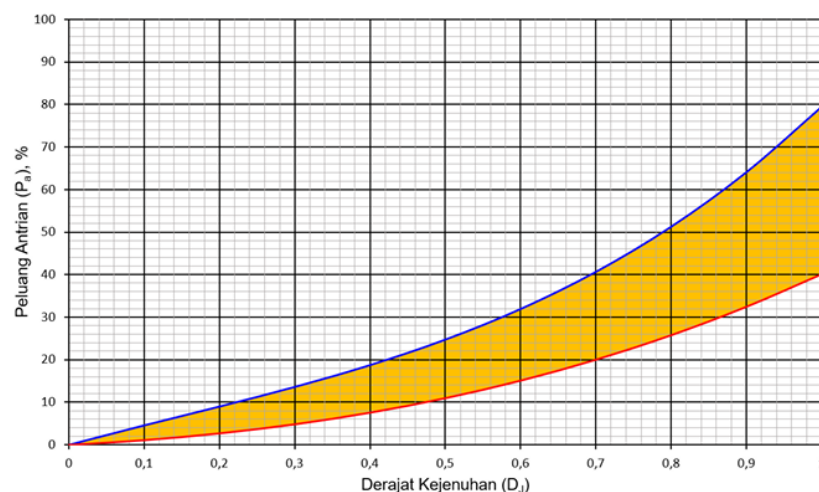
Batas atas peluang

$$P_a = 47,71 \times D_j - 24,68 \times D_j^2 + 56,47 \times D_j^3 \quad 2.23$$

Batas bawah peluang

$$P_a = 9,02 \times D_j - 20,66 \times D_j^2 + 10,49 \times D_j^3 \quad 2.24$$

Penentuan nilai P_a juga dapat ditentukan menggunakan grafik peluang antrean peluang antrean (P_a , %) pada simpang sebagai fungsi dari D_j . Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut



Gambar 2.8 Peluang antrean pada simpang sebagai fungsi dari D_j

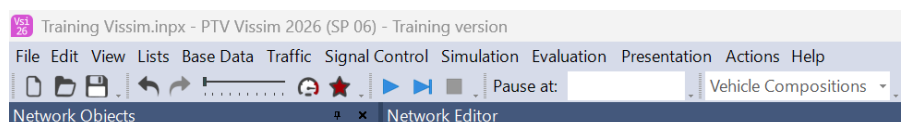
Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

2.2.12 Software PTV Vissim

PTV Vissim (singkatan dari *Verkehr Städten SIMulationsmodel*) merupakan perangkat lunak simulasi lalu lintas mikroskopik yang dikembangkan

oleh PTV *Planung Transport Verkehr AG* di Karlsruhe, Jerman. Perangkat lunak ini dirancang untuk memodelkan sistem transportasi multimodal yang mencakup kendaraan pribadi, angkutan umum, dan pejalan kaki. *Vissim* mampu mengakomodasi berbagai parameter permasalahan lalu lintas, seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, dan pengaturan sinyal lampu lalu lintas. Karena kemampuannya tersebut, *Vissim* menjadi alat yang sangat berguna dalam mengevaluasi berbagai alternatif kebijakan rekayasa transportasi serta mengukur efektivitas perencanaan. Perangkat ini dapat digunakan pada berbagai skala jaringan, mulai dari simpang tunggal hingga kawasan metropolitan, dengan fleksibilitas memodelkan seluruh klasifikasi jalan, mulai dari jalur sepeda motor hingga jalan raya bebas hambatan, termasuk kondisi geometrik dan operasional yang bersifat spesifik.

2.2.12.1 Menu *Software* PTV VISSIM



Gambar 2.9 Menu *Software* PTV Vissim

Sumber : *Software* PTV Vissim

1. Menu *File*

Berikut elemen yang ada pada menu *file*, yaitu:

<i>New</i>	= untuk membuat program PTV Vissim baru
<i>Open</i>	= Membuat <i>file program</i>
<i>Open Layout</i>	= Baca di tata letak <i>file layout</i> dan berlaku elemen antar muka muka program dan parameter grafis editor program
<i>Read</i>	= Untuk <i>file program</i> selai program yang ada
<i>Additionally</i>	

<i>Save</i>	= Untuk menyimpan program yang sedang dibuat
<i>Save As</i>	= Membuat <i>file</i> jalur yang baru secara manual ke folder baru
<i>Save Layout As</i>	= Simpan tata letak saat elemen antar muka program dan parameter grafis dari editor program ke <i>file layout</i>
<i>Save Layout as Default</i>	= Simpan parameter grafis dari editor program ke <i>file layout</i>
<i>Import</i>	= <i>Import</i> data ANM dari PTV Vissim
<i>Eksport</i>	= Mulai <i>eksport</i> data ke PTV Vissim
<i>Open Working Directory</i>	= Membuka <i>windows eksplorer</i> di <i>directory</i> kerja saat ini
<i>Exit</i>	= Mengakiri program PTV Vissim

2. Menu *Edit*

Berikut elemen yang ada pada menu *edit*, yaitu:

<i>Menu</i>	= Keterangan
<i>Undo</i>	= Untuk kembali ke perintah sebelumnya
<i>Redo</i>	= Untuk kembali ke perintah sesudahnya
<i>Rotate Network</i>	= Memasukan sudut ke seputar jaringan yang diputar
<i>Move Network</i>	= Memindahkan jaringan
<i>User Preference</i>	= a. Pilihan bahan antara muka pengguna PTV Vissim. b. Kembalikan pengaturan default. c. Tentukan pengisian obyek pengisian jaringan di jaringan editor, lalu disimpan

3. Menu *View*

Berikut elemen yang ada pada menu *View*, yaitu:

<i>Open New</i>	= Tambah baru jaringan editor sebagai daerah lain
<i>Network Editor</i>	
<i>Network Objects</i>	= Membuka jaringan <i>toolbar</i> objek
<i>Levels</i>	= Membuka <i>toolbar</i> tingkat
<i>Background</i>	= Membuka <i>toolbar background</i>
<i>Quick View</i>	= Membuka <i>Quick View</i>
<i>Smart Map</i>	= Membuka <i>Smart Map</i>
<i>Messages</i>	= Membuka halaman, menunjukkan pesan dan peringatan
<i>Simulation Time</i>	= Menampilkan waktu simulasi
	= Menyembunyikan dan menampilkan kembali objek jaringan berikut:
<i>Quick Mode</i>	a. <i>Vehicles in Network</i> b. <i>Pedestrians in Network</i> Semua jaringan lainnya yang akan ditampilkan
	= Menyembunyikan dan menampilkan kembali objek berikut:
	a. <i>Desired Speed Decisions</i> b. <i>Reduced Speed Areas</i> c. <i>Conflict Areas</i> d. <i>Priority Rules</i>
<i>Simple Network Display</i>	e. <i>Stop Signs</i> f. <i>Signal Heads</i> g. <i>Detectors</i> h. <i>Parking Lots</i> i. <i>Vehicle Inputs</i> j. <i>Vehicle Routes</i> k. <i>Public Transport Stops</i> l. <i>Public Transport Lines</i>

- m. Nodes Measurements Areas*
- n. Data Collection Points*
- o. Pavement Markings*
- p. Pedestrians Inputs Pedestrians Routes*
- q. Pedestrian Travel Time Measurement*
- Semua objek jaringan yang ditampilkan:
- r. Links*
- Background Images*
- s. 3D Traffic Signals*
- t. Static 3D Models Vehicles in Network*
- u. Pedestrians in Network*
- v. Areas Obstacles Ramps & Stairs*

4. Menu *List*

Berikut elemen yang ada pada menu *List*, yaitu:

- | | |
|----------------------------------|--|
| <i>Base Data</i> | = Daftar untuk mendefinisikan atau mengedit <i>Base Data</i> |
| <i>a. Network</i> | = Daftar atribut objek jaringan dengan |
| <i>b. Intersection Control</i> | jenis objek jaringan yang dipilih |
| <i>c. Private Transport</i> | |
| <i>d. Public Transport</i> | |
| <i>e. Pedestrians Traffic</i> | = Daftar untuk mendefinisikan atau |
| <i>Graphics and Presentation</i> | jaringan editing objek dan data, yang digunakan untuk persiapan grafis dan representasi yang realistis dari jaringan |

serta menciptakan presentasi dari simulasi

Measurements Results = Daftar data dari evaluasi simulasi

5. Menu *Base Data*

Berikut elemen yang ada pada menu *Base Data*, yaitu:

Network Setting = Pengaturan default untuk jaringan

2D/3D Model Segment = Menentukan ruas untuk kendaraan

2D/3D Models = Membuat model 2D dan 3D untuk kendaraan dan pejalan kaki

Functions = Percepatan dan perlambatan perilaku kendaraan

Distribution = Distribusi untuk kecepatan yang diinginkan, kekuatan, berat kendaraan, waktu, lokasi, model 2D atau 3D, dan warna

Vehicle Types = Menggabungkan kendaraan dengan karakteristik mengemudi teknis serupa di jenis kendaraan

Vehicle Classes = Menggabungkan jenis kendaraan

Driving Behaviors = Perilaku pengemudi

Link Behaviors Types = Tipe link, perilaku untuk link dan konektor

Pedestrians Types = Menggabungkan pejalan kaki dengan sifat yang mirip dalam jenis pejalan kaki

Pedestrians Classes = Pengelompokan dan penggabungan jenis pejalan kaki ke dalam kelas pejalan kaki

Walking Behaviors = Parameter perilaku berjalan

<i>Area Behaviors Types</i>	= Perilaku daerah untuk jenis daerah, tangga, dan landai
<i>Display Types</i>	= Tampilan untuk link, konektor, dan elemen konstruksi dalam jaringan
<i>Levels</i>	= Level untuk bangunan bertingkat atau struktur jembatan untuk link
<i>Time Intervals</i>	= Interval waktu

6. Menu *Traffic*

Berikut elemen yang ada pada menu *Traffic*, yaitu:

<i>Vehicle</i>	= Menentukan jenis kendaraan untuk
<i>Compositions</i>	komposisi kendaraan
<i>Pedestrians</i>	= Menentukan jenis pejalan kaki untuk
<i>Compositions</i>	komposisi pejalan kaki
<i>Pedestrian OD</i>	= Menentukan permintaan pejalan kaki
<i>Matrix</i>	atas dasar hubungan OD
<i>Dynamic Assignment</i>	= Mendefinisikan tugas parameter

7. Menu *Signal Control*

Berikut elemen yang ada pada menu *Signal Control*, yaitu:

<i>Signal</i>	= Membuka daftar <i>Signal Controllers</i> :
<i>Controllers</i>	Menetapkan atau mengedit <i>SC</i>
<i>Signal</i>	
<i>Controllers</i>	= Membuka daftar <i>SC Communication</i>
<i>Communication</i>	
<i>Fixed Time</i>	
<i>Signal</i>	= Menentukan waktu dalam jaringan
<i>Controllers</i>	

8. Menu *Simulation*

Berikut elemen yang ada pada menu *Signal Control*, yaitu:

<i>Parameter</i>	= Masukkan parameter simulasi
<i>Continuous</i>	= Mulai menjalankan simulasi
<i>Single Step</i>	= Memulai simulasi dalam mode satu langkah
<i>Stop</i>	= Berhenti menjalankan simulasi

9. Menu *Evaluation*

Berikut elemen yang ada pada menu *Evaluation*, yaitu:

	= a. <i>Result attribute</i> : mengkonfigurasi hasil tampilan atribut
<i>Configuration</i>	b. <i>Direct output</i> : konfigurasi <i>output</i> ke <i>file</i> atau <i>database</i>
<i>Database Configuration</i>	= Mengkonfigurasi koneksi <i>database</i>
<i>Measurement Definition</i>	= Tampilkan dan mengkonfigurasi daftar pengukuran yang diinginkan
<i>Windows</i>	= Mengkonfirmasi waktu sinyal, catatan <i>SC detector</i> atau perubahan sinyal pada <i>window</i>
<i>Result Lists</i>	= Menampilkan hasil atribut dalam daftar hasil

10. Menu *Presentation*

Beberapa elemen yang ada pada menu *Presentation*, yaitu:

<i>Camera Position</i>	= Membuka daftar <i>Camera Position</i>
<i>Storyboards</i>	= Membuka daftar <i>Storyboards/keyframes</i>

<i>AVI Recording</i>	= Merekam simulasi 3D sebagai <i>file</i> video yang dimuat dalam format <i>file</i> *.avi
<i>3D Anti-Alisting</i>	= Beralih 3D <i>Anti-Alisting</i>

11. Menu *Help*

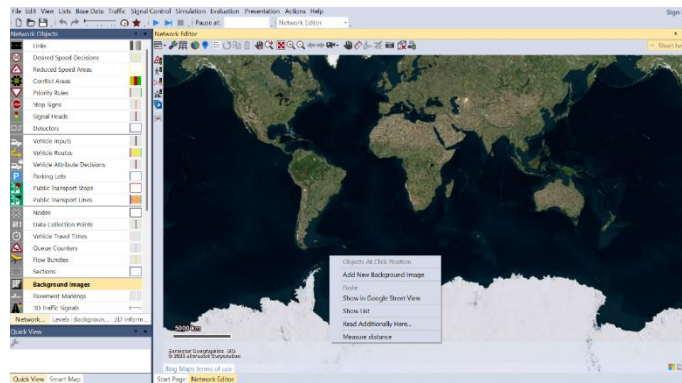
Beberapa elemen yang ada pada menu *Help*, yaitu:

<i>Online Help</i>	= Membuka <i>Online Help</i>
<i>FAQ Online</i>	= Menampilkan <i>PTV Vissim FAQ</i> dihalaman web dari <i>PTV Group</i>
<i>Servive Pack Download</i>	= Menampilkan <i>PTV Vissim & Viswalk Service Park Download Area</i> pada halaman web dari <i>PTV Group</i>
<i>Technical Support</i>	= Menunjukan bentuk dukungan dari <i>PTV Vissim Teknis Holten</i> pada halaman web dari <i>PTV Group</i>
<i>Examples</i>	= Membuka folder dengan data contoh dan data untuk tujuan penelitian
<i>Register COM Server</i>	= Mendaftarkan <i>PTV Vissim</i> sebagai server <i>COM</i>
<i>License</i>	= Membuka jendela <i>License</i>
<i>About</i>	= Membuka jendela <i>About</i>

2.2.12.2 Langkah-langkah Pengoperasian *Software* PTV Vissim

Berikut langkah-langkah pengoperasian *Software* PTV Vissim :

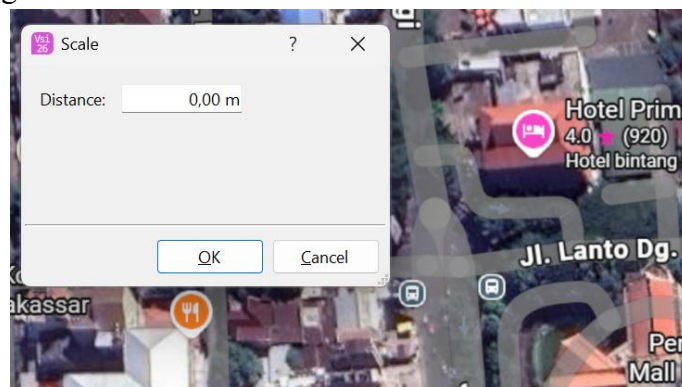
- a. Pertama *input background* dengan cara ke bagian background images pada bagian *network objects* lalu klik kanan pada layar dan *add new background image* pilih *file* yang akan dijadikan *background* berupa peta lokasi penelitian.



Gambar 2.10 Input Background Software PTV Vissim

Sumber : Software PTV Vissim

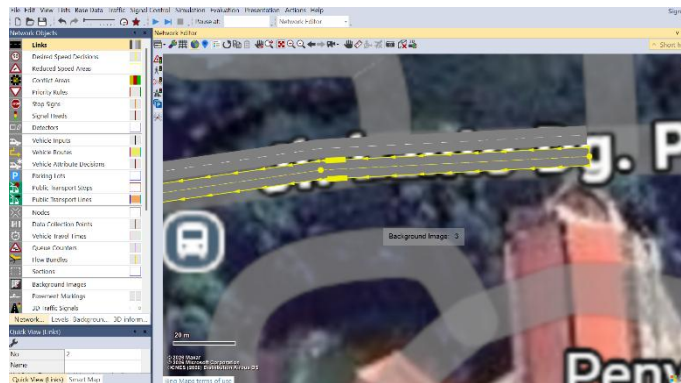
- b. Setelah *file* muncul dilayar kita kunci *backgorund* tersebut dengan klik gembok yang ada di dekat tulisan *background images* lalu atur skala *background* dengan klik kanan dan pilih set skala lalu tarik garis atur *distance*.



Gambar 2.11 Set Scala Software PTV Vissim

Sumber : Software PTV Vissim

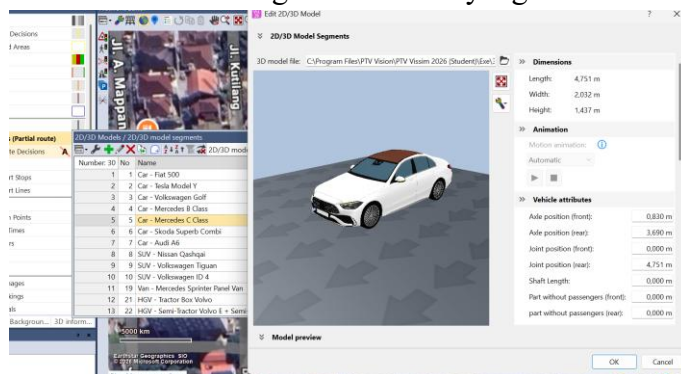
- c. Selajutnya membuat *link* atau jalur kondisi geometrik dengan cara klik Ctrl + kanan lalu tarik - lepaskan dan akan muncul jendela *link* lalu atur sesuai data geometrik yang telah diambil di lapangan, setelah data telah dimasukkan atur dan sesuaikan bentuk jalannya dengan cara klik kanan *link* lalu gerakkan poin bulat untuk menyesuaikan. Setelah satu jalur telah dibuat, lanjut buat jalur sebelahnyaa dengan klik kanan jalur pilih *generate opposite direction* masukkan jumlah lajur dan edit sesuai ukuran data geometrik serta rapikan dan buat pada setiap lengan simpang.



Gambar 2.12 Links Software PTV Vissim

Sumber : Software PTV Vissim

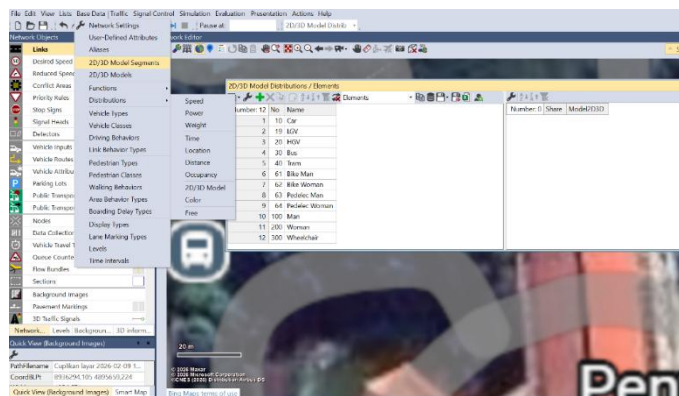
- d. Membuat 2D/3D models dengan cara ke bagian *base data* pilih 2D/3D model segment lalu add akan muncul jendela file dan klik *open direction of the file model* lalu masukkan jenis kendaraan (*Vehicle > road > pilih kendaraan*) buka klik ok, tambahkan jenis kendaraan sesuai dengan kendaraan yang ada di lokasi penelitian.



Gambar 2.13 2D/3D Models Segments Software PTV Vissim

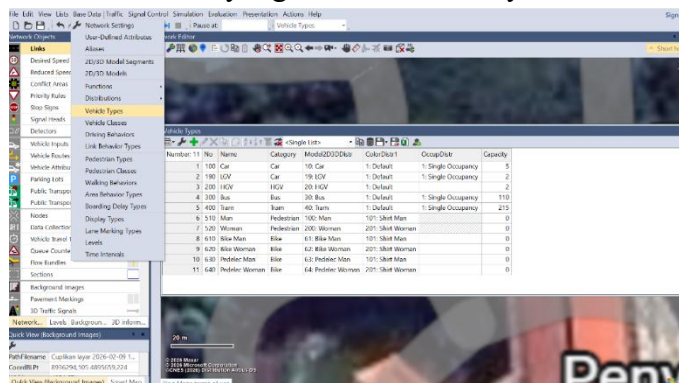
Sumber : Software PTV Vissim

- e. Selanjutnya memberikan nama dan series hasil 2D/3D model yang telah dibuat dengan cara ke bagian *base data* lalu ke *distribution* pilih 2D/3D model dan tambahkan nama kendaraan jangan lupa ganti model ke nama kendaraan tersebut.



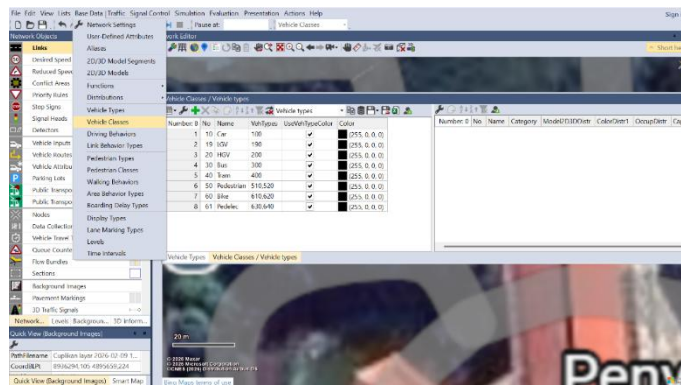
Gambar 2.14 2D/3D Models Distributions Software PTV Vissim
Sumber : Software PTV Vissim

- f. Mengaplikasikan *vehicle type* untuk menjadikan semua jadi satu kesatuan dengan cara ke bagian *base data* pilih *vehicle type* lalu tambahkan serta atur *vehicle type* nya jangan lupa ganti semuanya sesuai kendaraan yang dibuat sebelumnya.



Gambar 2.15 Vehicle Types PTV Vissim
Sumber : Software PTV Vissim

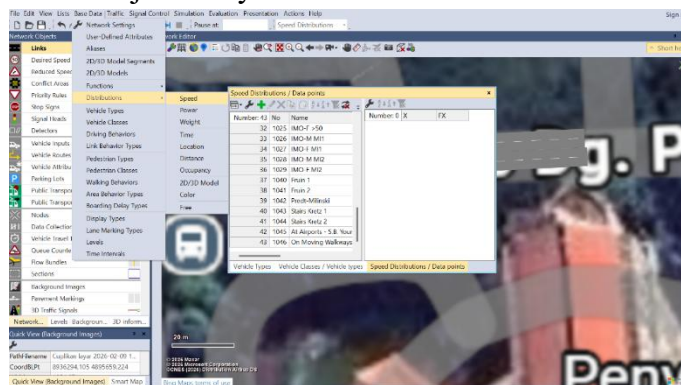
- g. Mengaplikasikan *vehicle classes* untuk menjadikan semua jadi satu kesatuan dengan cara ke bagian *base data* pilih *vehicle classes* lalu tambahkan sesuai kendaraan serta jangan lupa ganti *vehTypes* dan sesuaikan, lakukan untuk semua kendaraan.



Gambar 2.16 Vehicle Classes PTV Vissim

Sumber : Software PTV Vissim

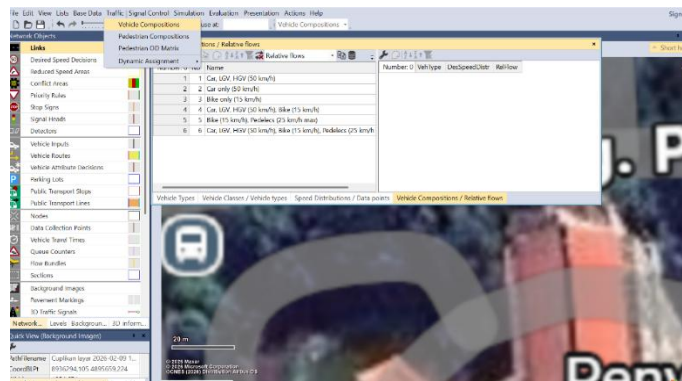
- h. Mengatur kecepatan kendaraan pada masing-masing jenis kendaraan dengan cara ke bagian *base data distribute* pilih *speed* lalu tambahkan sesuaikan *speed* yang telah didapatkan dan sesuaikan jumlahnya.



Gambar 2.17 Speed Distributions PTV Vissim

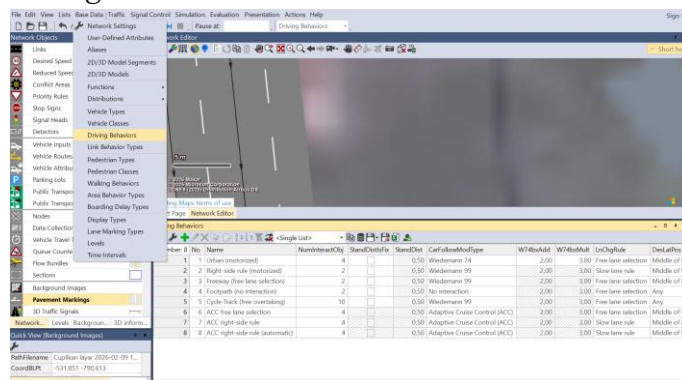
Sumber : Software PTV Vissim

- i. Melakukan *traffic input* untuk memasukkan jenis kecepatan jumlah kendaraan pada kaki simpang dengan cara ke bagian *traffic* pilih *vehicle compositions* lalu bagian kiri tambahkan nama masing-masing simpang dan bagian kanan tambahkan jumlah kendaraan yang melintas pada simpang dengan *speed* sesuai yang telah dibuat sebelumnya serta ubah total kendaraan sesuaikan dengan yang ada di data.



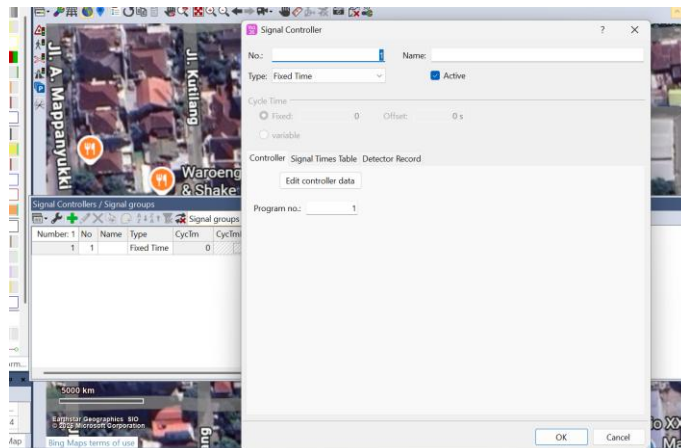
Gambar 2.18 Vehicle Compositions PTV Vissim
Sumber : Software PTV Vissim

- j. Selanjutnya membuat *driving behaviors* dengan cara ke bagian *base data* pilih *driving behaviors* lalu add beri nama serta masukkan data, setelah itu kembali ke bagian *base data* pilih *link behavior types* lalu add beri nama serta jangan lupa di bagian *drivbehavdef* diubah ke *driving behaviors* yang telah dibuat sebelumnya lalu ke bagian *links* klik kanan pilih *show list* dan blok semua *link* lalu tekan *shift* pilih *link behavior* yang dibuat sebelumnya lalu lakukan *running*.



Gambar 2.19 Driving Behaviors PTV Vissim
Sumber : Software PTV Vissim

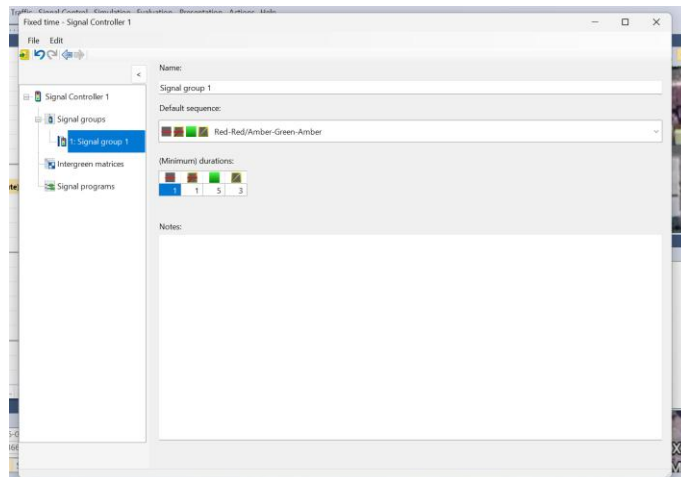
- k. Membuat *signal control* dengan cara ke bagian *signal control* lalu tambahkan beri nama dan pastikan bagian *active* tercentang, setelah itu lakukan *edit controller data*.



Gambar 2.20 Signal Control PTV Vissim

Sumber : Software PTV Vissim

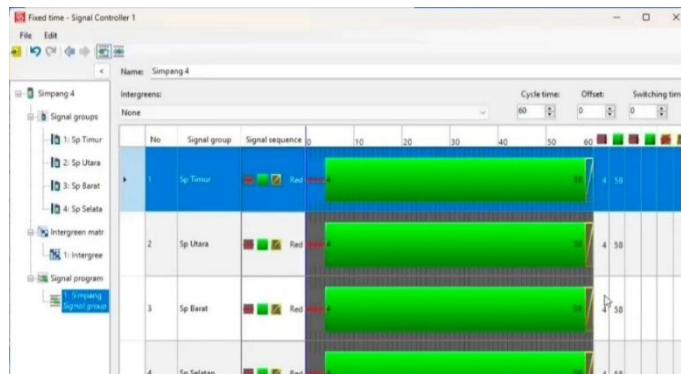
1. Selanjutnya membuat *signal group* dengan cara tambahkan sesuai simpang lalu ubah nama sesuai posisi simpang, setelah itu *edit* jenis *signal control* nya dan sesuaikan waktu signal yang ada pada data.



Gambar 2.21 Signal Group PTV Vissim

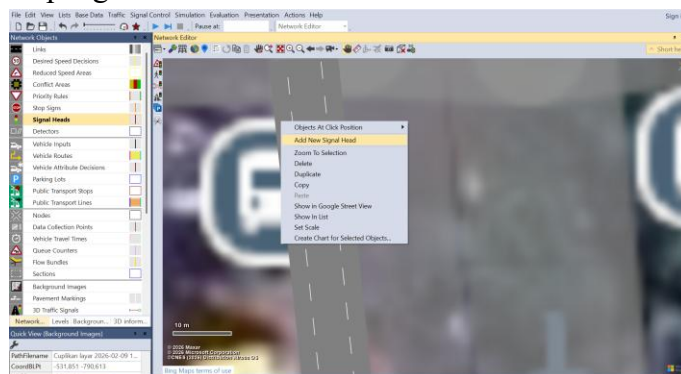
Sumber : Software PTV Vissim

- m. Selanjutnya membuat *signal program* dengan cara tambahkan lalu *edit* ubah *cycle time* sesuai data serta *edit* waktu di setiap lengan simpang sesuai di lapangan, setelah itu jangan lupa *save* datanya agar saat *close* jendela data yang dibuat ini tersimpan.



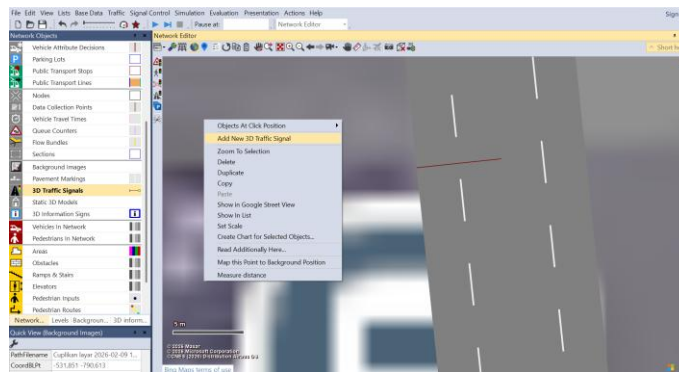
Gambar 2.22 Signal Program PTV Vissim
Sumber : Software PTV Vissim

- n. Memasang *signal* pada jalan dengan cara ke bagian *signal heads* klik kanan *link* tempat *signal* berdiri dilapangan lalu add new *signal heads* beri nama lalu sesuaikan *signal*, lakukan pada setiap lengan simpang.



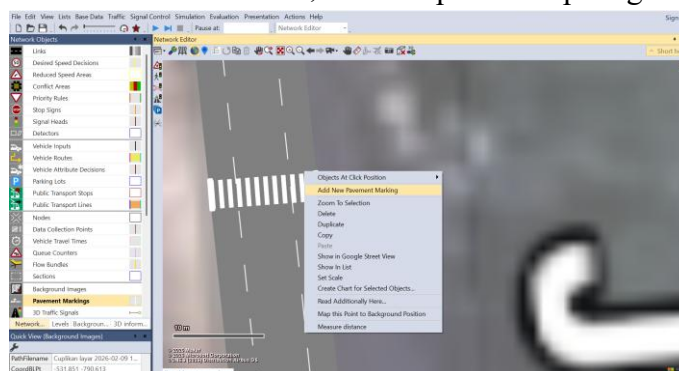
Gambar 2.23 Signal Heads PTV Vissim
Sumber : Software PTV Vissim

- o. Membuat 3D *traffic signal* dengan cara ke bagian *network objects* pilih 3D *traffic signal* klik kanan lalu add new 3D *traffic signal* dan akan muncul jendela baru untuk membuat *traffic signal*, buat sesuai kondisi di lapangan.



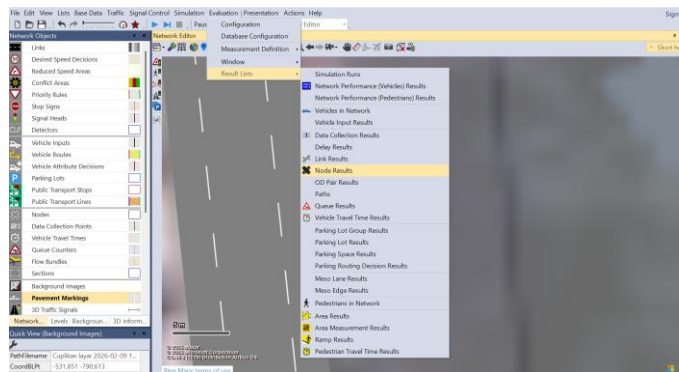
Gambar 2.24 3D Traffic Signal PTV Vissim
 Sumber : Software PTV Vissim

- p. Membuat *pavement markings* dengan cara klik kanan *link* jalan lalu *add new pavement markings* dan *edit* pilih sesuai apa yang mau dibuat misal *zebra cross*, lakukan pada setiap lengan simpang.



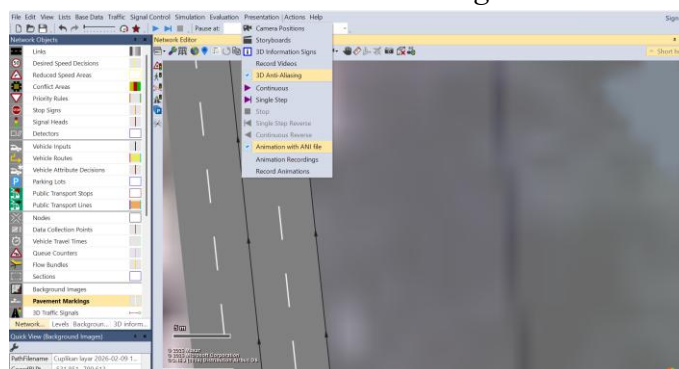
Gambar 2.25 Pavement Markings PTV Vissim
 Sumber : Software PTV Vissim

- q. Kalibrasi dan validasi dengan cara ke bagian *network objects* klik *nodes* beri nama lalu ok dan akan muncul kotak, Selanjutnya atur kotak ke bagian simpang setelah itu ke bagian kotak samping *nodes* centang *show turn value visualization*. Lanjut ke bagian *simulation* pilih parameter dan akan muncul jendela baru dan klik ok, lalu ke bagian *evaluation* pilih *configuration blok* kendaraan dan centang bagian *nodes*, kembali ke bagian *evaluation* pilih *result lists* klik *nodes results* dan lakukan running.



Gambar 2.26 Kalibrasi dan Validasi PTV Vissim
Sumber : *Software PTV Vissim*

- r. *Presentation Video* hasil vissim dengan cara ke bagian *Presentation 3D Anti Lising*, posisikan layar sesuai posisi kamera yang diinginkan lalu ke bagian kamera dan add beri nama lalu centang, setelah mengatur posisi kamera ke bagian *Presentation* pilih *storyboards* bagian kiri add beri nama serta simpan file di file name, setelah itu bagian kanan add akan keluar jendela *keyframe* beri nama dan atur waktunya, lakukan pada setiap posisi kamera jika memposisikan lebih dari satu. Selanjutnya kembali ke bagian *Presentation* hilangkan centang pada *animation with ANI file* lalu klik *record video* dan lakukan *running*.



Gambar 2.27 Presentation Video PTV Vissim
Sumber : *Software PTV Vissim*

2.2.12.3 Kalibrasi dan Validasi *Software PTV VISSIM*

Kalibrasi pada *Software PTV VISSIM* merupakan proses dalam membentuk nilai-nilai parameter yang sesuai sehingga model dapat

mewakili kondisi lalu lintas yang semirip mungkin. Proses kalibrasi dalam PTV VISSIM dapat dilakukan dengan memperhatikan perilaku pengemudi yang diamati di lokasi yang relevan. Metode yang umum digunakan adalah trial and error dengan mengacu kepada penelitian-penelitian sebelumnya mengenai kalibrasi dan validasi menggunakan Software PTV VISSIM. Validasi pada Software PTV VISSIM merupakan proses pengujian kebenaran dari kalibrasi dengan membandingkan hasil survei dengan hasil simulasi.

Proses validasi dalam PTV VISSIM dapat dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah volume arus lalu lintas yang diamati. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah menggunakan rumus dasar Chi-squared yang dikenal sebagai rumus statistik Geoffery E. Havers (GEH), yang dimodifikasi oleh Gustavsson pada tahun 2007. Rumus GEH merupakan gabungan antara perbedaan nilai relatif dan mutlak dalam uji T. Rumus GEH dapat dilihat pada Persamaan 2.25 pada halaman selanjutnya.

$$GEH = \frac{2 \times (q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})^2}{(q_{\text{simulated}} + q_{\text{observed}})} \quad 2.25$$

Keterangan:

$q_{\text{simulated}}$ = Data volume arus lalu lintas hasil simulasi (kendaraan/jam)

q_{observed} = Data volume arus lalu lintas hasil simulasi (kendaraan/jam)

Rumus GEH memiliki ketentuan khusus dari nilai error rumus statistik Geoffery E. Havers yang dihasilkan seperti pada Tabel 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2.6 Ketentuan Nilai *Error* Rumus Statistik Geoffery E. Havers

$GEH < 5,0$	Diterima
$5,0 \leq GEH \leq 10,0$	Peringatan : kemungkinan model error atau data buruk
$GEH > 10,0$	Ditolak

Sumber : Gustavsson, 2007

Selanjutnya, untuk melakukan validasi eksternal dapat dilakukan dengan menggunakan persyaratan pengujian *Mean Average Percentage Error* (MAPE). Validasi eksternal dilakukan untuk memverifikasi parameter kinerja pada ruas jalan dan simpang, seperti kecepatan kendaraan dan panjang antrean. Nilai MAPE dapat dihitung menggunakan persamaan 2.26 sebagai berikut:

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \times \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \quad 2.26$$

Tabel 2.7 Kesimpulan dari Hasil Perhitungan MAPE

MAPE < 10%	Kemampuan pemodelan sangat baik
10% ≤ MAPE ≤ 20%	Kemampuan pemodelan baik
20% ≤ MAPE ≤ 50%	Kemampuan pemodelan layak
MAPE > 50%	Kemampuan pemodelan buruk

Sumber : Gustavsson, 2007