


1 1

2203026_DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA_KKW (TANPA WATERMARK).pdf

 Class A -- No Repository 005 Class A Rct.tech1222

Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3305191776

Submission Date

Jul 30, 2025, 2:22 PM GMT+4:30

Download Date

Jul 30, 2025, 2:26 PM GMT+4:30

File Name

2203026_DEWA_GEDE_SATRIA_WIBAWA_RESIARTHA_KKW_TANPA_WATERMARK_.pdf

File Size




4.5 MB

161 Pages**49,531 Words****202,302 Characters**

15% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 15%  Internet sources
 - 6%  Publications
 - 6%  Submitted works (Student Papers)
-

Top Sources

- 15% Internet sources
- 6% Publications
- 6% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	
	digilib.ptdisttd.ac.id	4%
2	Internet	
	123dok.com	<1%
3	Internet	
	repository.umy.ac.id	<1%
4	Internet	
	repository.its.ac.id	<1%
5	Internet	
	dspace.uui.ac.id	<1%
6	Internet	
	www.slideshare.net	<1%
7	Internet	
	repository.ub.ac.id	<1%
8	Internet	
	digilib.unila.ac.id	<1%
9	Internet	
	eprints.umsb.ac.id	<1%
10	Internet	
	docplayer.info	<1%
11	Internet	
	repository.upstegal.ac.id	<1%

12	Internet	ejournal.unsrat.ac.id	<1%
13	Student papers	Landmark University	<1%
14	Internet	ejournal.uniks.ac.id	<1%
15	Internet	idoc.pub	<1%
16	Internet	repo.itera.ac.id	<1%
17	Student papers	Universitas Andalas	<1%
18	Internet	ktj.pktj.ac.id	<1%
19	Internet	eprints.pktj.ac.id	<1%
20	Student papers	Universitas Islam Indonesia	<1%
21	Internet	jurnal.untidar.ac.id	<1%
22	Internet	e-journal.uajy.ac.id	<1%
23	Student papers	University of Wollongong	<1%
24	Internet	jurnal.unej.ac.id	<1%
25	Internet	repositori.usu.ac.id	<1%

26	Internet	jist.publikasiindonesia.id	<1%
27	Internet	www.ptsmi.co.id	<1%
28	Internet	jurnal.unidha.ac.id	<1%
29	Student papers	Universiti Teknologi Petronas	<1%
30	Internet	es.scribd.com	<1%
31	Internet	www.scribd.com	<1%
32	Student papers	itera	<1%
33	Internet	pt.scribd.com	<1%
34	Student papers	Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya	<1%
35	Internet	jurnal.polinema.ac.id	<1%
36	Internet	ojs.unikom.ac.id	<1%
37	Internet	repository.umsu.ac.id	<1%
38	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang	<1%
39	Internet	e-journal.upr.ac.id	<1%

40	Internet	journal.universitaspahlawan.ac.id	<1%
41	Student papers	Institut Pertanian Bogor	<1%
42	Internet	eprints.itn.ac.id	<1%
43	Internet	jurnal.itg.ac.id	<1%
44	Internet	repositori.untidar.ac.id	<1%
45	Internet	repository.unbari.ac.id	<1%
46	Internet	www.diklatkerja.com	<1%
47	Publication	Gede Sumarda, I Gusti Made Sudika, Kadek Bela Wirawan. "EVALUASI KINERJA SI...	<1%
48	Publication	K H Basuki, D Purwanto, A K Indriastuti, F R Ananda. "Simulation of the impact of ...	<1%
49	Internet	repository.nobel.ac.id	<1%
50	Internet	id.123dok.com	<1%
51	Internet	jrs.ft.unand.ac.id	<1%
52	Publication	Fedrickson Haradongan. "Kajian Manajemen Rekayasa Lalu Lintas di Simpang Pe...	<1%
53	Internet	ejournal.uniramalang.ac.id	<1%

54	Internet	repository.unifa.ac.id	<1%
55	Internet	www.jurnal.ideaspublishing.co.id	<1%
56	Internet	e-jurnal.pnl.ac.id	<1%
57	Internet	journal.unpar.ac.id	<1%
58	Internet	journal.ipb.ac.id	<1%
59	Student papers	Universitas Muhammadiyah Purwokerto	<1%
60	Publication	Irfan Wahyunanda, Imam Muthohar, Muhammad Zudhy Irawan. "MODEL MIKRO..."	<1%
61	Internet	civil.ui.ac.id	<1%
62	Internet	jurnal.umj.ac.id	<1%
63	Internet	sinta.unud.ac.id	<1%
64	Student papers	Purdue University	<1%
65	Publication	Benny Pasambuna. "TINJAUAN LAMPU DAN VOLUME LALU LINTAS PADA PERSIMP..."	<1%
66	Internet	eprints.itenas.ac.id	<1%
67	Student papers	ptdi-sttd	<1%

68	Internet	radarmalang.id	<1%
69	Publication	Yohanes Andika Suryonegoro, Ahmad Munawar, Muhammad Zudhy Irawan. "AN..."	<1%
70	Internet	journal.widyatama.ac.id	<1%
71	Publication	Budhi Dharma, Ratna Widyawati, Trisya Septiana. "Analisis Hambatan Samping T..."	<1%
72	Publication	Nirwana Puspasari, Parsi Sahara. "Analisis Penggunaan Lampu Lalu Lintas Pada P..."	<1%
73	Internet	repositori.uma.ac.id	<1%
74	Internet	repository.itsb.ac.id	<1%
75	Internet	repository.ummat.ac.id	<1%
76	Student papers	Fakultas Kedokteran	<1%
77	Internet	journal.uny.ac.id	<1%
78	Internet	repository.uin-suska.ac.id	<1%
79	Student papers	Politeknik Negeri Bandung	<1%
80	Publication	A. Munandar. "Analisis Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan KM 20 + 950 – KM 2..."	<1%
81	Publication	Awan Setiawan. "APLIKASI MEDIA PROMOSI PENJUALAN RUMAH BERBASIS AUGM..."	<1%

82	Publication	Dessy Angga Afrianti, Sabrina Handayani, Heny Sekar Sarwosri. "Manajemen dan ...	<1%
83	Student papers	Universitas Lancang Kuning	<1%
84	Publication	Yulianggi Trisya Pramesti, Anton Budiharjo. "Efektivitas Rambu Batas Kecepatan ...	<1%
85	Internet	docobook.com	<1%
86	Internet	repository.uniba.ac.id	<1%
87	Publication	Levana Astarina, Gito Sugiyanto, Eva Wahyu Indriyati. "Karakteristik Kecelakaan ...	<1%
88	Student papers	Sriwijaya University	<1%
89	Student papers	Universitas Bung Hatta	<1%
90	Student papers	Universitas Putera Batam	<1%
91	Internet	adoc.pub	<1%
92	Internet	eprints.undip.ac.id	<1%
93	Internet	etheses.uin-malang.ac.id	<1%
94	Internet	jdih.pu.go.id	<1%
95	Internet	journal.eng.unila.ac.id	<1%

96	Internet	repository.ukwk.ac.id	<1%
97	Publication	Ince Mochamad Arief Ibrahim, Winner Sitorus, Aulia Rifai. "Sale and Purchase of S...	<1%
98	Student papers	iGroup	<1%
99	Internet	repository.upp.ac.id	<1%
100	Publication	Auliya Nurul Azizah, Anton Budiharjo, Siti Maimunah. "Kajian Manajemen Lalu Li...	<1%
101	Publication	Tutut Alawiyah. "Analisis Kinerja Simpang Tiga Tidak Bersinyal Jalan A. Yani - Jala...	<1%
102	Internet	core.ac.uk	<1%
103	Internet	duta.co	<1%
104	Internet	jtb.ulm.ac.id	<1%
105	Internet	sipil.studentjournal.ub.ac.id	<1%
106	Publication	Muhammad Subhansyah Ikram, Mochammad Hilmy, Deni Maulana, Jockie Zudhy ...	<1%
107	Publication	Probo Yudha Prasetyo, Sigit Priyanto, Imam Muthohar. "PENGATURAN POLA ARU...	<1%
108	Internet	ejournal.unisbablitar.ac.id	<1%
109	Internet	eprints.umm.ac.id	<1%

110	Internet	htj.unkrip.ac.id	<1%
111	Internet	journal.itny.ac.id	<1%
112	Internet	journal.ukrim.ac.id	<1%
113	Internet	journals.usm.ac.id	<1%
114	Internet	jurnal.unitri.ac.id	<1%
115	Internet	pdfcoffee.com	<1%
116	Internet	repository.um-palembang.ac.id	<1%
117	Internet	repository.unj.ac.id	<1%
118	Internet	www.informasilomba.com	<1%
119	Publication	Achmad Zultan Mansur, Rudi Saputra. "KEBUTUHAN FASILITAS PENYEBERANGAN ...	<1%
120	Publication	Ivana Pantulu, Yuliyanti Kadir, Frice Lahmudin Desei. "EVALUASI KINERJA SIMPAN...	<1%
121	Publication	Leni Sriharyani, Ida Hadijah. "KARAKTERISTIK LALU LINTASJALAN KI HAJAR DEWA...	<1%
122	Publication	Ni Made Widya Pratiwi. "PENGARUH BANGKITAN DAN TARIKAN OPERASIONAL U...	<1%
123	Publication	Nita Rahayu Kadarusman, Agi Rivi Hendardi, Ade Rizki Nurmayadi. "ANALISIS HA...	<1%

124	Publication	Roffiah Arij Dewanti, Dwiningtyas Padmaningrum, Putri Permatasari. "Faktor-Fa...	<1%
125	Publication	Suryanto Suryanto, Hery Kristiyanto. "KINERJA KUANTITATIF SIMPANG BERSINYA...	<1%
126	Internet	bayualfian.blogspot.com	<1%
127	Internet	digilib.iain-palangkaraya.ac.id	<1%
128	Internet	digilib.ptdisttd.net	<1%
129	Internet	e-journal.unair.ac.id	<1%
130	Internet	ejournal.undar.ac.id	<1%
131	Internet	eprints.iain-surakarta.ac.id	<1%
132	Internet	eprints.upj.ac.id	<1%
133	Internet	fr.slideshare.net	<1%
134	Internet	geograf.id	<1%
135	Internet	gurulesprivat.org	<1%
136	Internet	issuu.com	<1%
137	Internet	jurnal.ucy.ac.id	<1%

138	Internet	jurnal.univrab.ac.id	<1%
139	Internet	nmp.malangposcomedia.id	<1%
140	Internet	ojs.balitbanghub.dephub.go.id	<1%
141	Internet	ojs.ummetro.ac.id	<1%
142	Internet	ojs2.pnb.ac.id	<1%
143	Internet	repositori.unud.ac.id	<1%
144	Internet	repository.ibs.ac.id	<1%
145	Internet	repository.trisakti.ac.id	<1%
146	Internet	repository.unpar.ac.id	<1%
147	Internet	text-id.123dok.com	<1%
148	Internet	www.coursehero.com	<1%
149	Internet	www.ejournal.warmadewa.ac.id	<1%
150	Publication	Navreet Virdi, Hanna Grzybowska, S. Travis Waller, Vinayak Dixit. "A safety assess..."	<1%
151	Internet	jurnal.untan.ac.id	<1%

152	Internet	repository.usd.ac.id	<1%
153	Publication	Bayu Budi Irawan. "PERENCANAAN ULANG TRAFFIC LIGHT PADA SIMPANG PRESI..."	<1%
154	Internet	doaj.org	<1%
155	Internet	id.scribd.com	<1%
156	Internet	repository.unib.ac.id	<1%
157	Internet	www.neliti.com	<1%
158	Internet	zombiedoc.com	<1%

**ANALISIS PERENCANAAN DESAIN SIMPANG JEMBATAN
KEDUNGKANDANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA
SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM**

KERTAS KERJA WAJIB



DISUSUN OLEH:

DEWA GEDE Satria Wibawa Resiarta

2203026

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN TRANSPORTASI
JALAN
2025**

**ANALISIS PERENCANAAN DESAIN SIMPANG JEMBATAN
KEDUNGKANDANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG
DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM**

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian

Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Jalan

Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya Transportasi



DISUSUN OLEH:

DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA

2203026

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN**

2025

HALAMAN PERSETUJUAN
KERTAS KERJA WAJIB
ANALISIS PERENCANAAN DESAIN SIMPANG JEMBATAN
KEDUNGKANDANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG
DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM

Disusun oleh:

DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA

2203026

Disetujui untuk diajukan pada
Sidang Akhir Kertas Kerja Wajib
Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Jalan

Menyetujui

DOSEN PEMBIMBING I

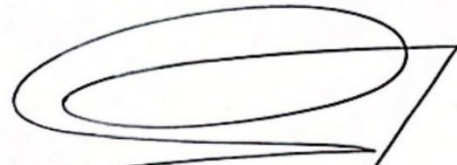
DOSEN PEMBIMBING II



Aswin Badarudin Atmajaya, S.ST., M.A.P.
NIP. 19900513 201012 1 004

Tanggal:

Ditetapkan di : Tabanan.



Ir. Putu Eka Suartawan, S.T., M.T.
NIP. 19820530 200912 1 003

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN**KERTAS KERJA WAJIB****ANALISIS PERENCANAAN DESAIN SIMPANG JEMBATAN
KEDUNGKANDANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG
DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM**

Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA


2203026


TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI

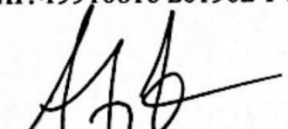
PADA TANGGAL 21 JULI 2025

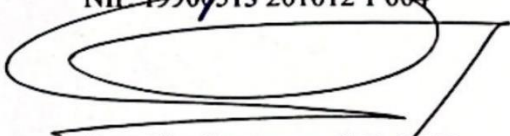
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

Tim Penguji


Stefanus Sylvan Ryanto, S.S., M.M.
NIP. 19910816 201902 1 002



Aswin Badarudin Armajaya, S.ST., M.A.P.
NIP. 19900513 201012 1 004


Budi Mardikawati, S.Pd., M.Pd.
NIP. 19840829 201902 2 001


Ir. Putu Eka Suartawan, S.T., M.T.
NIP. 19820530 200912 1 003

Mengetahui

**KETUA PROGRAM STUDI
DIPLOMA III MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN**


Ir. Putu Eka Suartawan, S.T., M.T.
NIP. 19820530 200912 1 003

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya, Dewa Gede Satria Wibawa Resiartha, Notar. 2203026, menyatakan bahwa Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir dengan judul "**Analisis Perencanaan Desain Simpang Jembatan Kedungkandang untuk Meningkatkan Kinerja Simpang dengan Pendekatan PKJI 2023 dan VISSIM**" merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian yang saya susun sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, tidak ada bagian dari Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir ini yang telah digunakan sebelumnya untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau kesarjanaan maupun sertifikat Akademik di suatu Perguruan Tinggi.

Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Transportasi Darat Bali.

Tabanan, 30 Juni 2025

Penulis,



Dewa Gede Satria Wibawa Resiartha

Notar. 2203026

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan kertas kerja wajib yang berjudul “Analisis Perencanaan Desain Simpang Jembatan Kedungkandang untuk Meningkatkan Kinerja Simpang dengan Pendekatan PKJI 2023 dan VISSIM” dapat diselesaikan dengan penuh dedikasi. Penulis sadar bahwa kertas kerja wajib ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, segala masukan, kritik, dan saran yang membangun sangat diharapkan guna perbaikan di masa yang akan datang. Atas bantuan, bimbingan, dan dukungan yang telah diberikan, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati peneliti ucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua, seluruh keluarga, dan Shakyra Junia, S.Psi. yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral maupun materiil, kepada penulis dalam menyelesaikan Kertas Kerja Wajib ini;
2. Ibu Firga Ariani, S.E., M.M.Tr, selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Bali;
3. Bapak Aswin Badarudin Atmajaya, S.ST., M.A.P dan Bapak Ir. Putu Eka Suartawan, S.T., M.T atas segala bimbingan, kesabaran, dan ketulusan dalam membimbing penulis selama proses penyusunan Kertas Kerja Wajib ini;
4. Seluruh dosen Program Studi D - III Manajemen Transportasi Jalan yang telah memberikan pengajaran selama Pendidikan.

Semoga laporan ini mampu memberikan manfaat bagi seluruh pihak, khususnya dalam kemajuan ilmu pengetahuan di bidang Transportasi Darat, serta dapat diimplementasikan guna mendukung pembangunan sistem transportasi di Indonesia secara luas.

Tabanan, 30 Juni 2025

Penulis,



DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA

Notar. 2203026

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
INTISARI	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Maksud dan Tujuan	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II GAMBARAN UMUM	6
2.1 Kondisi Wilayah.....	6
2.2 Kondisi Objek.....	7
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	12
3.1 Simpang.....	12
3.2 Penentuan Tipe Pengendalian Simpang	13
3.3 Analisis Simpang tidak Bersinyal	14
3.4 Perhitungan Kinerja Simpang APILL	24
3.5 Penentuan Tipe Bundaran Yang Baku	33
3.6 Penentuan Tingkat Pelayanan	33
3.7 Kecepatan Titik	34

3.8	Sampel Slovin.....	34
3.9	Perangkat Lunak VISSIM	34
3.10	Konflik Simpang	36
3.11	Penelitian Terdahulu.....	39
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		43
4.1	Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	43
4.2	Sumber dan Teknik Pengumpulan Data.....	43
4.3	Metode Analisis Data	48
4.4	Bagan Alir Penelitian	53
4.5	Timeline Kegiatan	59
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		60
5.1	Hasil Pengumpulan Data	60
5.2	Perencanaan Fase Simpang Bersinyal	75
5.3	Analisis Data Perencanaan Simpang Bersinyal.....	76
5.4	Layout Desain Rekayasa Persimpangan.....	117
BAB VI PENUTUP		121
6.1	Kesimpulan.....	121
6.2	Saran	122
DAFTAR PUSTAKA		124
LAMPIRAN.....		126

67

83

92

1

DAFTAR TABEL

	Tabel 3. 1 Tipe Persimpangan	15
42	Tabel 3. 2 Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor	16
	Tabel 3. 3 Faktor Koreksi Ukuran Kota	16
	Tabel 3. 4 Tipe Lingkungan Jalan.....	17
	Tabel 3. 5 Kriteria Kelas Hambatan Samping	18
9	Tabel 3. 6 Faktor Koreksi Hambatan Samping.....	18
	Tabel 3. 7 Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor	20
	Tabel 3. 8 Ekuivalensi Mobil Penumpang.....	21
5	Tabel 3. 9 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota	25
	Tabel 3. 10 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping	26
	Tabel 3. 11 Penentuan Waktu Siklus.....	29
	Tabel 3. 12 Ukuran Baku Beberapa Tipe Bundaran	33
22	Tabel 3. 13 Penentuan Tingkat Pelayanan	33
	Tabel 3. 14 Penelitian Terdahulu	40
	Tabel 4. 1 Timeline Kegiatan.....	59
	Tabel 5. 1 Inventarisasi Pendekat Simpang	61
	Tabel 5. 2 Frekuensi Kumulatif Pendekat Utara.....	65
	Tabel 5. 3 Frekuensi Kumulatif Pendekat Selatan.....	66
	Tabel 5. 4 Frekuensi Kumulatif Pendekat Barat Daya	68
	Tabel 5. 5 Frekuensi Kumulatif Pendekat Barat.....	68
	Tabel 5. 6 Rekapitulasi Kinerja Simpang Tidak Bersinyal.....	75
	Tabel 5. 7 Tabel Arus Kendaraan.....	76
	Tabel 5. 8 Arus Belok Tiap Pendekat	79
	Tabel 5. 9 Driving Behaviour Simpang Jembatan Kedungkandang.....	83
30	Tabel 5. 10 Validasi Volume VISSIM Jam Puncak Sore	87
22	Tabel 5. 11 Kinerja Eksisting Jam Puncak Sore Pada VISSIM.....	88
	Tabel 5. 12 Tabel Arus Jenuh Dasar	89
	Tabel 5. 13 Tabel Faktor Koreksi	90
	Tabel 5. 14 Arus Jenuh Tiap Pendekat	91

Tabel 5. 15 Nilai Rasio Arus..... 91

Tabel 5. 16 Rasio Fase..... 92

Tabel 5. 17 Distribusi Waktu Hijau 94

Tabel 5. 18 Kapasitas Tiap Pendekat 95

Tabel 5. 19 Derajat Kejenuhan 95

Tabel 5. 20 Rasio Fase Tiap Pendekat 96

Tabel 5. 21 Panjang Antrian PKJI 2023 98

Tabel 5. 22 Hasil Perhitungan Tundaan..... 99

Tabel 5. 23 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 1 dan Plan 2..... 100

Tabel 5. 24 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 3 dan Plan 4..... 100

Tabel 5. 25 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 5 dan Plan 6..... 102

Tabel 5. 26 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 7..... 103

Tabel 5. 27 Distribusi Waktu Hijau Plan 1 108

Tabel 5. 28 Distribusi Waktu Hijau Plan 2 108

Tabel 5. 29 Distribusi Waktu Hijau Plan 3 108

Tabel 5. 30 Distribusi Waktu Hijau Plan 4 109

Tabel 5. 31 Distribusi Waktu Hijau Plan 5 109

Tabel 5. 32 Distribusi Waktu Hijau Plan 6 110

Tabel 5. 33 Distribusi Waktu Hijau Plan 7 110

Tabel 5. 34 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 1 111

Tabel 5. 35 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 2 112

Tabel 5. 36 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 3 113

Tabel 5. 37 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 4 114

Tabel 5. 38 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 5 115

Tabel 5. 39 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 6 116

Tabel 5. 40 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 7 117

Tabel 5. 41 Tabulasi Kinerja Rekayasa 117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Persebaran Titik Simpang Kota Malang	7
Gambar 2. Tampak Atas Simpang	8
Gambar 3. Visualisasi Pendekat Utara	9
Gambar 4. Visualisasi Pendekat Selatan.....	10
Gambar 5. Visualisasi Pendekat Barat.....	11
Gambar 6. Kriteria Penentuan Pengendalian Simpang	14
Gambar 7. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri.....	19
Gambar 8. Faktor Koreksi Rasio Belok Kanan	20
Gambar 9. Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor	21
Gambar 10. Tundaan Lalu Lintas Simpang Sebagai Fungsi dari DJ.....	22
Gambar 11. Peluang Antrian.....	24
Gambar 12. Faktor Penyesuaian Kelandaian.....	26
Gambar 13. Tipe Dasar Gerakan	38
Gambar 14. Titik Konflik Simpang Empat Lengan.....	39
Gambar 15. Bagan Alir	54
Gambar 16. Layout Tampak Atas Simpang Jembatan Kedungkandang.....	60
Gambar 17. Fluktuasi Volume Lalu Lintas Selama 24 Jam.....	62
Gambar 18. Presentase Kendaraan	62
Gambar 19. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Utara	65
Gambar 20. Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang Pendekat Utara.....	66
Gambar 21. Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang Pendekat Utara	66
Gambar 22. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Selatan	67
Gambar 23. Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang Pendekat Selatan	67
Gambar 24. Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang Pendekat Selatan.....	68
Gambar 25. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Barat Daya	68
Gambar 26. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Barat	69
Gambar 27. Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang Pendekat Barat	69
Gambar 28. Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang Pendekat Barat.....	70
Gambar 29. Time Series Simpang Jembatan Kedungkandang.....	76

Gambar 30. Titik Konflik Simpang 78

Gambar 31. Tipe Fase Rekomendasi 82

Gambar 32. Diagram Fase Jam Puncak Sore (Plan 6)..... 94

Gambar 33. Pembagian Plan 105

Gambar 34. Diagram Fase Plan 1 108

Gambar 35. Diagram Fase Plan 108

Gambar 36. Diagram Fase Plan 3 109

Gambar 37. Diagram Fase Waktu Hijau Plan 4..... 109

Gambar 38. Diagram Fase Plan 5 109

Gambar 39. Diagram Fase Plan 6 110

Gambar 40. Diagram Fase Plan 7 110

Gambar 41. Layout Desain Perencanaan Simpang 119

1

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir CTMC Pendekat Utara	126
Lampiran 2 Formulir CTMC Pendekat Selatan	129
Lampiran 3 Formulir CTMC Pendekat Barat Daya	132
Lampiran 4 Formulir CTMC Pendekat Barat	135
Lampiran 5 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Utara	138
Lampiran 6 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Selatan	139
Lampiran 7 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Barat	140
Lampiran 8 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Barat Daya	141
Lampiran 9 Diagram Flow Jam Puncak Pagi	142
Lampiran 10 Diagram Flow Jam Puncak Siang	142
Lampiran 11 Diagram Flow Jam Puncak Sore	143
Lampiran 12 Formulir Survei Inventarisasi Simpang Kajian	143
Lampiran 13 Dokumentasi Survey	144
Lampiran 14 Lembar Asistensi Bimbingan	146

INTISARI

ANALISIS PERENCANAAN DESAIN SIMPANG JEMBATAN KEDUNGKANDANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM

Oleh

DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA

2203026

Simpang Jembatan Kedungkandang merupakan salah satu simpang bermasalah di Kota Malang, dengan derajat kejenuhan mencapai 0,95 pada jam puncak sore berdasarkan kinerja eksisting. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan pada simpang tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan penerapan simpang bersinyal di lokasi tersebut dengan menggunakan metode PKJI 2023, simulasi melalui perangkat lunak PTV VISSIM, serta pembuatan desain layout menggunakan AutoCAD. Evaluasi kinerja dilakukan berdasarkan indikator panjang antrian dan tundaan.

Analisis didasarkan pada survei CTMC selama 24 jam. Rekomendasi terbaik diperoleh melalui konfigurasi simpang bersinyal dengan empat fase dan early cut off. Untuk menjaga distribusi waktu hijau tetap optimal, dibuat pembagian waktu pengaturan sinyal ke dalam tujuh plan dengan waktu siklus pada setiap jam puncaknya sebagai berikut: Plan 1 (05.15–06.45 WIB), Plan 2 (06.45–09.15 WIB), Plan 3 (09.15–12.00 WIB), Plan 4 (12.00–14.30 WIB), Plan 5 (14.30–16.00 WIB), Plan 6 (16.00–18.30 WIB), dan Plan 7 (18.30–23.00 WIB). Sementara itu, mode flashing diterapkan pada pukul 23.00–05.15 WIB.

Berdasarkan hasil simulasi VISSIM didapatkan tabulasi rata-rata panjang antrian dan tundaan hasil rekayasa dimana arah Barat mengalami peningkatan dengan rata-rata panjang antrian sebesar 86 meter dan waktu tundaan (*delay*) sebesar 62 detik. Sementara itu, arah Utara, Selatan, dan Barat Daya menunjukkan nilai negatif pada panjang antrian maupun tundaannya. Nilai negatif ini mengindikasikan adanya penurunan baik pada panjang antrian maupun waktu tundaan sebagai hasil dari upaya rekayasa lalu lintas yang telah diterapkan. Arah Utara mengalami penurunan panjang antrian dan tundaan sebesar 147 meter dan 23 detik, arah Selatan sebesar 34 meter dan 13 detik, arah Barat Daya sebesar 30 detik namun panjang antrian mengalami kenaikan rata-rata sebesar 9 meter. Dengan kata lain, rekayasa lalu lintas memberikan dampak positif terhadap kelancaran arus kendaraan di simpang tersebut.

Kata kunci: perencanaan simpang bersinyal, PKJI 2023, VISSIM, fase sinyal, plan operasional.

ABSTRACT

ANALYSIS OF INTERSECTION DESIGN PLANNING AT KEDUNGKANDANG BRIDGE TO ENHANCE PERFORMANCE USING PKJI 2023 AND VISSIM METHODS

Oleh

DEWA GEDE SATRIA WIBAWA RESIARTHA

2203026

Kedungkandang Bridge Intersection is one of the problematic intersections in Malang City, with a degree of saturation reaching 0.95 during the evening peak hour, based on existing performance. Therefore, improvement efforts are necessary at this intersection. This study aims to design the implementation of a signalized intersection at the location using the PKJI 2023 method, simulation using PTV VISSIM software, and the creation of a layout design using AutoCAD. The performance evaluation was carried out based on queue length and delay indicators.

The analysis is based on a 24-hour CTMC survey. The most effective recommendation was obtained through a signalized intersection configuration with four phases and an early cut-off. To ensure optimal distribution of green time, the signal timing was divided into seven time plans, with cycle times adjusted to each peak hour as follows: Plan 1 (05:15–06:45), Plan 2 (06:45–09:15), Plan 3 (09:15–12:00), Plan 4 (12:00–14:30), Plan 5 (14:30–16:00), Plan 6 (16:00–18:30), and Plan 7 (18:30–23:00). Meanwhile, a flashing mode is applied from 23:00 to 05:15.

Based on the VISSIM simulation results, the tabulated data on average queue lengths and delays after engineering adjustments show that the West approach experienced an increase, with an average queue length of 86 meters and a delay of 62 seconds. On the other hand, the North, South, and Southwest approaches showed negative values for both queue length and delay. These negative values indicate reductions, signifying an improvement due to the applied traffic engineering measures. The North approach saw a decrease in queue length and delay of 147 meters and 23 seconds, the South approach decreased by 34 meters and 13 seconds, and the Southwest approach had a delay reduction of 30 seconds, although its average queue length increased slightly by 9 meters. In conclusion, the traffic engineering strategies applied had a positive impact on improving vehicle flow at the intersection.

Keywords: signalized intersection design, PKJI 2023, VISSIM, signal phases, operational plans.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Malang adalah salah satu kota yang ada di Provinsi Jawa Timur, dengan luas wilayah 111,076 km². Tercatat populasi penduduk Kota Malang di tahun 2024 menurut data (Badan Pusat Statistik, 2024) mencapai 889.359 ribu jiwa. Kota Malang merupakan salah satu kota yang ada di Indonesia yang menjadi pusat kegiatan pariwisata dan sebagai kota pendidikan di Pulau Jawa, maka cukup tinggi aktivitas jalan raya yang diakibatkan oleh padatnya mobilitas penduduk (Ramadhani, 2021). Permasalahan transportasi saat ini yang sedang dihadapi oleh kota berkembang, termasuk juga Kota Malang adalah kemacetan lalu lintasnya (Yustiawinata, 2021). Kemacetan yang terjadi di Kota Malang banyak terjadi di daerah persimpangan yang kurang adanya sarana dan prasarana, sehingga diperlukan adanya petugas yang menjaga dan mengatur lalu lintas agar tetap lancar (Rafii Assajid, 2024).

Persimpangan jalan atau simpang adalah tempat bertemunya arus lalu lintas dari dua jalan atau lebih (Paendong, 2020). Menurut (Prasetyo, 2022), berdasarkan cara pengaturannya, simpang dibagi ke dalam 2 (dua) jenis, yaitu Simpang APILL (*Signalised Intersection*) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur dengan adanya lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergantian. Simpang tidak bersinyal (*Unsignalised Intersection*) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan pengaturan sinyal pada pergerakan lalu lintasnya. Pada simpang ini pengguna jalan perlu memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melintasi simpang atau harus berhenti terlebih dahulu sebelum melintasi simpang tersebut. Menurut (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023) simpang tidak bersinyal adalah titik pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan sebidang yang tidak dikendalikan oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Simpang Jembatan Kedungkandang merupakan simpang tiga tanpa Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) yang berlokasi di Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang, Jawa Timur. Titik persimpangan ini

berada tepat pada koordinat geografis -7.993963, 112.647721. Simpang ini menjadi penghubung antara tiga ruas jalan penting di wilayah tersebut, yaitu Jalan Mayjen Sungkono dimana pada ruas ini merupakan jembatan yang mulai berfungsi pada pertengahan tahun 2020, Jalan Ki Ageng Gribig, dan Jalan Muharto. Ketiga jalan ini memiliki peran strategis dalam mendukung mobilitas masyarakat di kawasan timur Kota Malang. Namun demikian, simpang ini belum dilengkapi dengan sistem pengaturan lalu lintas berbasis isyarat lampu (APILL). Sebagai gantinya, pengaturan arus lalu lintas di lokasi selama ini hanya mengandalkan petugas informal.

4 Pada waktu-waktu tertentu, khususnya saat jam sibuk seperti sore hari, simpang ini mengalami kemacetan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan oleh tingginya volume kendaraan yang melintasi simpang, serta tidak adanya sistem pengaturan lalu lintas yang memadai untuk mengatur pergerakan kendaraan dari ketiga arah. Setelah dilakukan survei pendahuluan dan didapatkan data empiris berupa pengukuran panjang antrean yang terjadi di setiap pendekatan, diketahui bahwa pendekatan utara yaitu Jalan Ki Ageng Gribig mengalami antrean hingga sepanjang 300 meter, pendekatan selatan yaitu Jalan Mayjen Sungkono sepanjang 210 meter, dan pendekatan barat yaitu Jalan Muharto sepanjang 180 meter. Selain itu, dengan tidak adanya APILL menyebabkan terjadinya konflik antar kendaraan, di mana kendaraan bergerak dari berbagai arah secara bersamaan tanpa prioritas yang jelas, sehingga memperparah kemacetan (Nemers, 2024). Mengingat kompleksitas permasalahan yang ada, maka diperlukan suatu pendekatan yang tepat untuk merancang desain pengaturan lalu lintas yang ideal di lokasi tersebut. Berdasarkan survei pendahuluan, hipotesis awal dari penelitian ini adalah Simpang Jembatan Kedungkandang membutuhkan perencanaan dan penerapan sistem APILL agar arus kendaraan dapat dikendalikan secara optimal. Dengan pengaturan lalu lintas yang lebih efektif, diharapkan panjang antrean dan waktu tundaan terutama di area jembatan dapat diminimalkan, sehingga mengurangi beban lalu lintas saat kendaraan harus berhenti. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR, 2015) dalam Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan, jembatan dirancang untuk menahan beban dinamis, bukan beban statis yang

152

57

berlangsung dalam waktu lama. Namun, kemacetan yang sering terjadi pada simpang ini menyebabkan banyak kendaraan berhenti di atas jembatan dalam durasi yang cukup lama. Kondisi ini dapat menimbulkan antrean panjang yang berdampak pada peningkatan beban yang harus ditopang oleh struktur jembatan. Jika beban tersebut melebihi kapasitas maksimum yang dirancang, maka jembatan berisiko mengalami kerusakan lebih cepat dan membahayakan kendaraan yang berada di atasnya. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Hartono, 2021) menunjukkan bahwa perubahan desain simpang menjadi simpang dengan sistem APILL dapat meningkatkan kinerja lalu lintas pada simpang, mengurangi tingkat tundaan yang terjadi di atas jembatan, serta efektif dalam mengurangi kemacetan di area simpang.

Dalam mendukung proses perencanaan dan simulasi lalu lintas di simpang ini, perangkat lunak VISSIM dipilih sebagai alat bantu utama. Dari hasil penelitian yang dilakukan (Pebriyetti, 2014), VISSIM merupakan perangkat lunak simulasi yang dapat memodelkan dan menganalisis pengaturan lalu lintas di kawasan perkotaan. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Atmajaya, 2023) metode analisis Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 digunakan untuk menentukan waktu siklus ideal pada simpang. Dengan menggabungkan metode analisis PKJI 2023 dan simulasi berbasis VISSIM, desain rekayasa simpang selanjutnya digambarkan dalam bentuk layout menggunakan perangkat lunak AutoCAD. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengaturan lalu lintas yang efektif pada Simpang Jembatan Kedungkandang. Kombinasi kedua metode ini diharapkan tidak hanya memberikan hasil perhitungan teknis yang tepat, tetapi juga mampu memvisualisasikan dampak penerapan desain yang diusulkan, sehingga dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan untuk perbaikan manajemen lalu lintas di simpang tersebut. Dengan demikian, pada penelitian ini akan menggunakan metode kombinasi PKJI 2023 dengan perangkat lunak VISSIM, dan penulis akhirnya mengangkat judul penelitian **“ANALISIS PERENCANAAN DESAIN PADA SIMPANG JEMBATAN KEDUNGKANDANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SIMPANG DENGAN PENDEKATAN PKJI 2023 DAN VISSIM”**. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam perbaikan manajemen lalu lintas di Kota Malang, khususnya pada simpang yang

memiliki tingkat kemacetan tinggi. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah daerah dan instansi terkait dalam merencanakan serta menerapkan sistem pengaturan lalu lintas yang lebih efektif dan efisien. Manfaat lainnya adalah meningkatkan keselamatan pengguna jalan, mengurangi waktu perjalanan, mengoptimalkan kapasitas simpang, serta meminimalisasi beban berlebih pada struktur jembatan yang dapat mempengaruhi umur layan konstruksi. Dengan demikian, penelitian ini memiliki nilai strategis dalam mendukung kelancaran arus lalu lintas dan pembangunan infrastruktur transportasi berkelanjutan di Kota Malang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan sebelumnya, dapat disusun beberapa permasalahan yang akan menjadi fokus kajian berkaitan dengan perencanaan simpang APILL pada Simpang Jembatan Kedungkandang, yaitu:

1. Bagaimana kondisi eksisting Simpang Jembatan Kedungkandang?
2. Bagaimana desain perencanaan rekayasa lalu lintas yang efektif untuk memaksimalkan kinerja Simpang Jembatan Kedungkandang?
3. Bagaimana hasil kinerja dari simulasi perubahan desain rekayasa pada Simpang Jembatan Kedungkandang?
4. Bagaimana layout desain rekayasa lalu lintas pada Simpang Jembatan Kedungkandang?

1.3 Maksud dan Tujuan

Tujuan dari penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi eksisting Simpang Jembatan Kedungkandang.
2. Mengetahui rekayasa lalu lintas sebagai rekomendasi dalam meningkatkan kinerja pada Simpang Jembatan Kedungkandang.
3. Mengetahui hasil kinerja setelah perubahan simulasi desain rekayasa pada Simpang Jembatan Kedungkandang.
4. Mengetahui layout desain rekayasa pada Simpang Jembatan Kedungkandang.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan manfaat bagi penulis dimana penulis dapat mengembangkan ilmu pengetahuan yang didapat dalam pengoptimalan simpang tidak bersinyal.
2. Mengurangi konflik serta mengoptimalkan kinerja pada Simpang Jembatan Kedungkandang.
3. Sebagai bahan usulan dan sarana evaluasi bagi instansi-instansi pemerintah terkait dalam upaya mengoptimalkan kinerja pada Simpang Jembatan Kedungkandang.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Analisis kinerja hanya berfokus pada Simpang Jembatan Kedungkandang. Dimana pendekatan Utara merupakan Jalan Ki Ageng Gribig, pendekatan Selatan merupakan Jalan Mayjen Sungkono, pendekatan Barat merupakan Jalan Muharto, dan pendekatan Barat Daya adalah akses bawah jembatan.
2. Data volume lalu lintas merupakan hasil survei gerakan membelok yang dilakukan pada hari kerja normal di lokasi penelitian pada kondisi lalu lintas selama 24 jam.
3. Analisis kinerja simpang menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 untuk mencari waktu siklus yang optimal.
4. Perangkat lunak VISSIM digunakan untuk mencari indikator kinerja berupa panjang antrean dan tundaan.
5. Indikator yang digunakan untuk kalibrasi adalah *Driving Behaviour* dengan validasi pemodelannya menggunakan indikator volume kendaraan yang di uji dengan uji statistik *Geoffrey E. Havers* (GEH).
6. Perangkat lunak AutoCAD digunakan untuk menggambar desain layout simpang, baik sebelum maupun sesudah dilakukan rekayasa.
7. Desain rekayasa layout simpang disajikan hanya sebagai ilustrasi atau gambaran visual.

1

BAB II

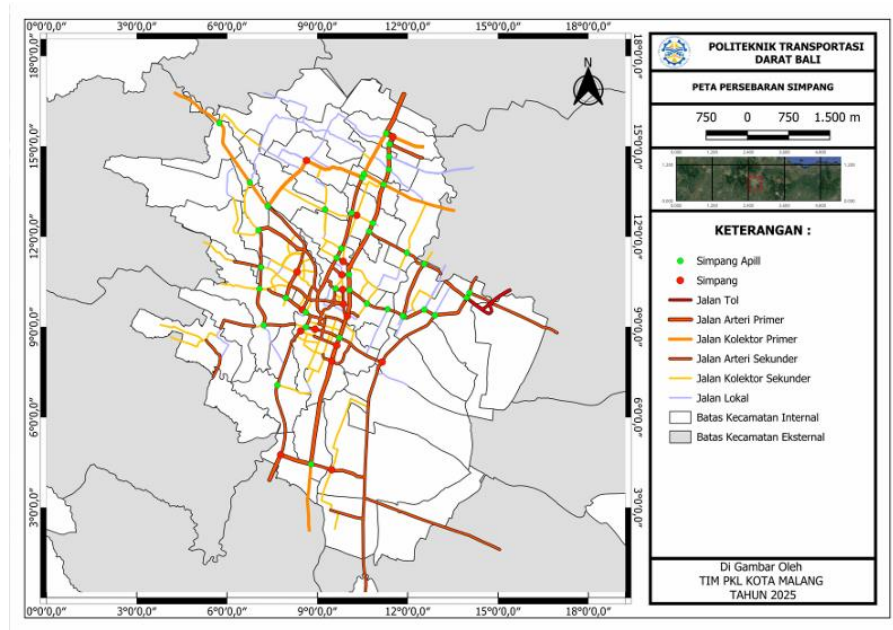
GAMBARAN UMUM

2.1 Kondisi Wilayah

Kota Malang merupakan salah satu pusat utama di Jawa Timur dalam bidang pendidikan, pariwisata, dan perdagangan, sehingga menjadikannya sebuah kota dengan dinamika aktivitas ekonomi yang sangat tinggi. Pertumbuhan ekonomi yang pesat, diiringi dengan peningkatan kepadatan penduduk, secara langsung berdampak pada berkembangnya sistem transportasi di wilayah ini. Sebagai kota yang terus mengalami perkembangan, Malang memiliki jaringan transportasi yang beragam, mulai dari angkutan kota (angkot), bus kota, hingga layanan transportasi berbasis aplikasi yang kini banyak digunakan masyarakat. Moda angkutan umum tetap menjadi salah satu sarana transportasi utama bagi warga, karena mampu menghubungkan berbagai lokasi strategis di dalam kota maupun ke daerah penyangga seperti Kota Batu dan Kabupaten Malang.

Pemerintah Kota Malang secara berkelanjutan berupaya untuk meningkatkan kualitas pelayanan transportasi publik sebagai salah satu langkah strategis dalam mengatasi permasalahan lalu lintas, termasuk kemacetan yang kerap terjadi, khususnya pada saat jam-jam sibuk. Permasalahan kemacetan ini umumnya semakin kompleks terutama pada persimpangan, yang menjadi titik pertemuan berbagai arus kendaraan dari arah berbeda, sehingga membutuhkan penanganan yang lebih terintegrasi dan perencanaan sistem transportasi yang efektif untuk menjaga kelancaran mobilitas di Kota Malang. Berikut merupakan peta persebaran titik simpang baik itu yang bersinyal maupun tidak bersinyal yang ada di Kota Malang.

138



(Sumber: Hasil Analisis)

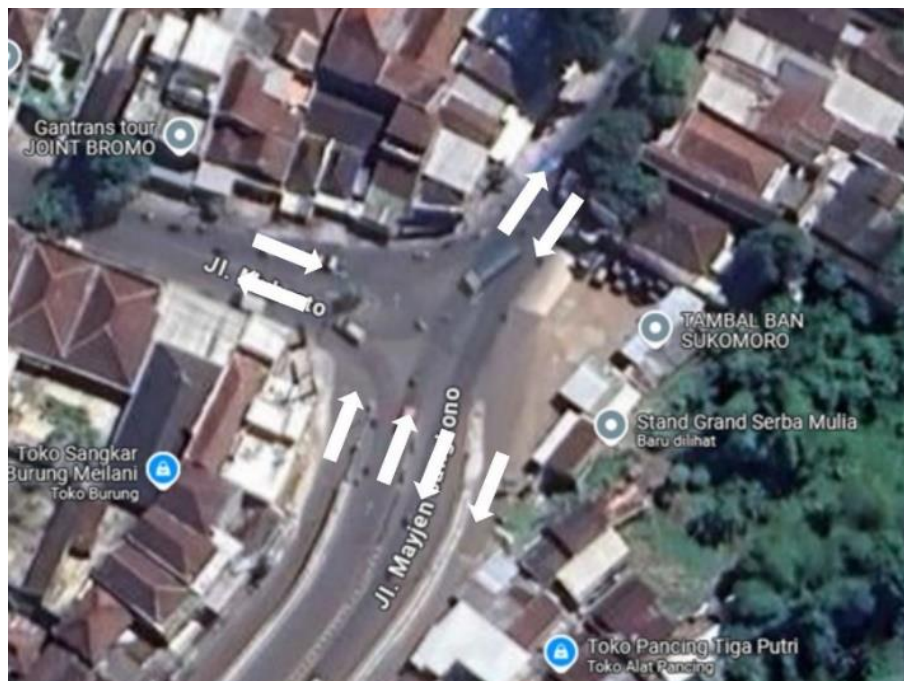
Gambar 1. Peta Persebaran Titik Simping Kota Malang

2.2 Kondisi Objek

Penelitian ini dilakukan pada wilayah studi Kota Malang dengan penentuan objek studi Simping Jembatan Kedungkandang. Simping ini merupakan titik temu antara tiga ruas jalan utama, yaitu Jalan Ki Ageng Gribig dari arah utara, Jalan Mayjen Sungkono dari arah selatan, dan Jalan Muharto dari arah barat. Simping ini memiliki peran penting dalam sistem jaringan jalan Kota Malang karena menghubungkan kawasan pemukiman padat di Kecamatan Kedungkandang dengan pusat kota di Kecamatan Klojen. Arus lalu lintas dari arah utara, yakni dari Jalan Ki Ageng Gribig, umumnya bergerak menuju barat melalui Jalan Muharto, terutama pada pagi hari saat warga berangkat menuju pusat kegiatan kota. Sebagian arus dari arah utara juga mengalir ke selatan menuju Jalan Mayjen Sungkono sebagai jalur distribusi lokal.

Sementara itu, arus dari arah selatan melalui Jalan Mayjen Sungkono didominasi oleh kendaraan dari wilayah Kedungkandang bagian selatan dan Kabupaten Malang, yang mengarah ke pusat kota melalui barat atau ke wilayah Kedungkandang bagian utara. Dari arah barat, yakni Jalan Muharto, arus lalu lintas banyak mengalir kembali ke arah utara dan selatan, terutama pada sore hari saat

aktivitas pulang kerja dan distribusi logistik berlangsung. Secara umum, distribusi arus lalu lintas di simpang ini menunjukkan pola dominan pagi hari dari utara dan selatan menuju barat, dan sebaliknya pada sore hari. Kepadatan lalu lintas di simpang ini diperparah oleh keberadaan Jembatan Kedungkandang yang menjadi satu-satunya jalur penghubung langsung antar wilayah, menjadikannya titik krusial dalam manajemen lalu lintas kawasan timur Kota Malang. Berikut merupakan visualisasi tampak atas dari simpang tersebut.



(Sumber: Google Earth)

Gambar 2. Tampak Atas Simpang

Geometri Simpang Jembatan Kedungkandang memiliki karakteristik pada setiap pendekatnya. Berikut merupakan visualisasi 3 pendekat dari Simpang Jembatan Kedungkandang, yaitu sebagai berikut:

1. Pendekat Utara

Pendekat Utara memiliki tipe jalan 2/2 TT, yaitu 2 lajur dengan dua arah tidak terbagi median. Jalan Ki Ageng Gribig berfungsi sebagai jalan arteri sekunder. Selain itu, hambatan samping pada pendekat ini tergolong komersial – sedang, arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang sedikit terganggu dan sedikit berkurang akibat aktivitas samping jalan di

sepanjang pendekat. Hal ini berdasarkan kriteria kelas hambatan samping PKJI 2023.



(Sumber: Google Earth)

Gambar 3. Visualisasi Pendekat Utara

2. Pendekat Selatan

Pendekat Selatan memiliki tipe jalan 4/2 T, yaitu 4 lajur dengan dua arah dengan median dan terdapat jalur di samping jembatan yang masing-masing memiliki satu arah. Jalan Mayjen Sungkono berfungsi sebagai jalan arteri sekunder. Selain itu, hambatan samping pada pendekat ini tergolong komersial – rendah, arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang tidak terganggu dan tidak berkurang oleh hambatan samping. Hal ini berdasarkan kriteria kelas hambatan samping PKJI 2023.



(Sumber: Google Earth)

Gambar 4. Visualisasi Pendekat Selatan

3. Pendekat Barat

4 Pendekat Barat memiliki tipe jalan 2/2 TT, yaitu 2 lajur dengan dua arah tidak terbagi median. Jalan Muharto berfungsi sebagai jalan arteri sekunder. Selain itu, hambatan samping pada pendekat ini tergolong komersial – sedang, arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang sedikit terganggu dan sedikit berkurang akibat aktivitas samping jalan di sepanjang pendekat. Hal ini berdasarkan kriteria kelas hambatan samping PKJI 2023.



(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Gambar 5. Visualisasi Pendekat Barat

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Simpang

Persimpangan merupakan bagian dari jalan yang menjadi lokasi potensial terjadinya hambatan lalu lintas. Sebagai titik pertemuan berbagai arus kendaraan dari arah yang berbeda, persimpangan memiliki peranan krusial dalam pengaturan kelancaran arus lalu lintas (Melenia Leimena, 2021). Persimpangan juga menjadi lokasi terjadinya perubahan arah pergerakan kendaraan, baik berupa persilangan maupun pemisahan arus, yang sering menimbulkan potensi konflik antar kendaraan. Untuk itu, diperlukan upaya penerapan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas guna mengoptimalkan pengaturan arus kendaraan (Ummiyah & Patriotika, 2025).

Berdasarkan sistem pengendaliannya, persimpangan dapat diklasifikasikan menjadi persimpangan sebidang dan persimpangan tidak sebidang. Persimpangan sebidang terbagi menjadi dua jenis, yaitu yang dikendalikan dengan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) dan yang tidak dikendalikan oleh APILL (tidak bersinyal). Sementara itu, persimpangan tidak sebidang mencakup struktur seperti *flyover* (jalan layang) dan *underpass* (jalan bawah tanah).

3.1.1 Pengertian Simpang

Menurut PP (Peraturan Pemerintah) No. 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan, simpang merupakan titik bertemunya antara dua atau lebih ruas jalan, baik sebidang maupun tak sebidang. Lokasi ini memiliki potensi tinggi terhadap terjadinya kecelakaan karena menjadi area terjadinya konflik antar pergerakan kendaraan dari berbagai arah.

3.1.2 Jenis Simpang

Simpang menurut pengaturannya, Morlok (1991) menjelaskan bahwa persimpangan dibedakan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu:

1. Simpang Tidak Bersinyal (*Unsignalized Intersection*)

Simpang tidak bersinyal merupakan simpang yang dalam pengaturan arusnya tidak menggunakan APILL. Pada jenis simpang ini, para pengguna jalan dituntut untuk menentukan secara mandiri apakah situasi lalu lintas di persimpangan tersebut cukup aman untuk dilalui atau perlu berhenti terlebih dahulu.

2. Simpang APILL (*Signalized Intersection*)

Simpang APILL merupakan jenis simpang yang pengaturannya menggunakan APILL. Pengguna jalan hanya diperkenankan melintasi simpang ketika lampu lalu lintas pada lengan simpang menyala hijau, dan wajib berhenti saat lampu menyala merah. Kriteria pemasangan APILL pada suatu simpang, sebagaimana ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1998), adalah sebagai berikut:

- a. Volume lalu lintas yang melintasi persimpangan secara rata-rata melebihi 750 kendaraan per jam, berlangsung terus-menerus selama minimal 8 jam dalam sehari.
- b. Rata-rata waktu tunggu atau hambatan kendaraan di persimpangan melebihi 30 detik.
- c. Jumlah pejalan kaki yang melintasi persimpangan mencapai rata-rata lebih dari 175 orang per jam, dan berlangsung terus-menerus selama 8 jam sehari.
- d. Persimpangan tersebut memiliki riwayat kecelakaan yang cukup sering terjadi.
- e. Wilayah terkait telah dilengkapi dengan sistem pengendalian lalu lintas terpadu (Area Traffic Control/ATCS), sehingga setiap simpang dalam area tersebut wajib dikendalikan dengan APILL.

3.2 Penentuan Tipe Pengendalian Simpang

Jenis pengendalian yang diterapkan pada simpang tak bersinyal dapat ditentukan dengan mengacu pada grafik kriteria penentuan pengendalian persimpangan, yang didasarkan pada arus lalu lintas dari jalur mayor dan minor. Penentuan bentuk pengaturan simpang ini dilakukan dengan mempertimbangkan

perbandingan volume kendaraan pada masing-masing jalur, sebagaimana ditunjukkan dalam grafik berikut.



(Sumber: Australian Road Research Board)

Gambar 6. Kriteria Penentuan Pengendalian Simpang

Berikut penjelasan terkait hirarki pengendalian persimpangan berdasarkan volume lalu lintas.

1. Pengaturan simpang prioritas diperlukan apabila arus minor kurang dari 10.000 kend/hari dan arus mayor kurang dari 45.000 kend/hari
2. Pengaturan lalu lintas dengan bundaran atau Apill diperlukan apabila arus minor lebih dari 10.000 kend/hari dan kurang dari 12.000 kend/hari sedangkan arus mayor kurang dari 45.000 kend/hari.
3. Pengaturan simpang tidak sebidang diperlukan apabila arus minor lebih dari 12.000 kend/hari dan arus mayor lebih dari 47.000 kend/hari.

3.3 Analisis Simpang tidak Bersinyal

Dalam analisis simpang tidak bersinyal, digunakan sejumlah rumus untuk mengevaluasi kinerja eksisting Simpang Jembatan Kedungkandang yang termasuk dalam kategori simpang tidak bersinyal. Beberapa aspek kinerja yang dihitung meliputi kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, dan panjang antrean. Berikut ini adalah rumus perhitungan simpang tidak bersinyal menurut PKJI 2023:

1. Kapasitas simpang

Kapasitas simpang (C) ditentukan berdasarkan total arus kendaraan yang masuk dari semua lengan simpang, dan dihitung dengan mengalikan kapasitas dasar (C₀) dengan sejumlah faktor koreksi yang mempertimbangkan penyimpangan kondisi lapangan dari kondisi ideal. Rumus untuk menghitung kapasitas tersebut adalah sebagai berikut:

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \times F_{Rmi} \tag{3.1}$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- C : adalah kapasitas simpang, dalam SMP/jam
- C₀ : adalah kapasitas dasar simpang, dalam SMP/jam
- F_{LP} : adalah faktor koreksi lebar rata-rata pendekat
- F_M : adalah faktor koreksi ukuran kota
- F_{UK} : adalah faktor hambatan samping
- F_{HS} : adalah faktor koreksi rasio belok kiri
- F_{BK_i} : adalah faktor koreksi rasio belok kanan
- F_{Rmi} : adalah faktor koreksi rasio arus dari jalan minor

a. Kapasitas dasar

Kapasitas Dasar (C₀) adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan, ditentukan berdasarkan Tipe Simpang yang terdiri dari jumlah lengan simpang, jumlah lajur pada jalan minor dan jumlah lajur pada jalan Mayor.

Tabel 3. 1 Tipe Persimpangan

Tipe Persimpangan	Kapasitas Dasar (smp/jam)
322	2700
324	3200
344	3200
422	2900
424	3400

(Sumber: PKJI 2023)

b. Faktor Koreksi Pendekat Rata-Rata

Faktor koreksi pendekatan rata-rata yang diperlukan untuk perhitungan didapat dari lebar rata-rata semua pendekatan dan tipe simpang. Pada lokasi kajian ini, Simpang Jembatan Kedungkandang merupakan simpang dengan tipe 322 M yaitu 3 lengan simpang, 2 lajur jalan minor dan 2 lajur jalan mayor serta memiliki median sehingga menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$FLP = 0.62 + 0.0646 \tag{3.2}$$

Sumber: PKJI 2023

c. Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor

Median disebut lebar jika mobil penumpang dapat berlindung dalam daerah median tanpa mengganggu arus lalu lintas, sehingga lebar median lebih besar atau sama dengan 3,0 m. Klasifikasi median berikut faktor koreksi median pada jalan mayor. Koreksi median hanya digunakan untuk jalan mayor dengan 4 (empat) lajur.

Tabel 3. 2 Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor

Kondisi Simpang	Tipe median	Faktor koreksi, F_M
Tidak ada median di jalan mayor	Tidak ada	1.00
Ada Median di jalan mayor dengan lebar <3 m	Median sempit	1.05
Ada median di jalan mayor dengan Lebar $\geq 3m$	Median Lebar	1.20

(Sumber: PKJI 2023)

d. Faktor Koreksi Ukuran Kota

F_{UK} dibedakan berdasarkan besarnya populasi penduduk, yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. 3 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Ukuran Kota	Penduduk (juta jiwa)	Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})
Sangat Kecil	< 0.1	0.82
Kecil	0.1 - 0.5	0.88
Sedang	0.5 - 1.0	0.94
Besar	1.0 - 3.0	1.00
Sangat Besar	>3.0	1.05

(Sumber: PKJI 2023)

e. Faktor Koreksi Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor

Faktor koreksi hambatan samping (FHS) merupakan gabungan dari pengaruh kondisi lingkungan jalan, hambatan samping, serta besarnya arus kendaraan tidak bermotor (KTB) akibat aktivitas di sekitar persimpangan terhadap kapasitas dasar. Tipe lingkungan jalan diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yakni komersial, permukiman, dan akses terbatas. Klasifikasi ini didasarkan pada fungsi tata guna lahan serta tingkat aksesibilitas jalan dari kegiatan di sekitar persimpangan. Penentuan kategori tersebut dilakukan melalui penilaian teknis dengan mengacu pada kriteria yang tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 3. 4 Tipe Lingkungan Jalan

Tipe Lingkungan Jalan	Kriteria
Komersial	Lahan yang digunakan untuk kepentingan komersial, misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran, dengan jalan masuk langsung baik bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
Permukiman	Lahan digunakan untuk tempat tinggal dengan jalan masuk langsung baik bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
Akses terbatas	Lahan tanpa jalan masuk langsung atau sangat terbatas, misalnya karena adanya penghalang fisik; akses harus melalui jalan samping.

(Sumber: PKJI 2023)

Pengkategorian hambatan samping ditetapkan menjadi 3 (tiga) yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Masing-masing menunjukkan pengaruh aktivitas samping jalan di daerah simpang terhadap arus lalu lintas yang berangkat dari pendekat, misalnya pejalan kaki berjalan atau menyeberangi jalur, angkutan kota dan bus berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, kendaraan masuk dan keluar halaman dan tempat parkir di luar jalur. Ketiga kategori tersebut ditetapkan sebagaimana diuraikan dalam tabel berikut.

Tabel 3. 5 Kriteria Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kriteria
Tinggi	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang terganggu dan berkurang akibat aktivitas simpang jalan di sepanjang pendekat. Contoh, adanya aktivitas angkutan umum seperti menaikturunkan penumpang atau mengetem, pejalan kaki dan/atau pedagang kaki lima di sepanjang atau melintas pendekat, kendaraan keluar/masuk simpang pendekat.
Sedang	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang sedikit terganggu dan sedikit berkurang akibat aktivitas simpang jalan di sepanjang pendekat.
Rendah	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang tidak terganggu dan tidak berkurang oleh hambatan samping.

(Sumber: PKJI 2023)

Adapun untuk nilai koreksi hambatan samping dapat diperoleh melalui tabel dibawah.

Tabel 3. 6 Faktor Koreksi Hambatan Samping

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	FHS untuk nilai RKTB					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses terbatas	Tinggi/Sedang/Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

(Sumber PKJI, 2023)

f. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri

Faktor rasio arus belok kiri (F_{BKI}) adalah faktor koreksi yang mempengaruhi kapasitas simpang pada suatu kondisi yang dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah atau menggunakan grafik.

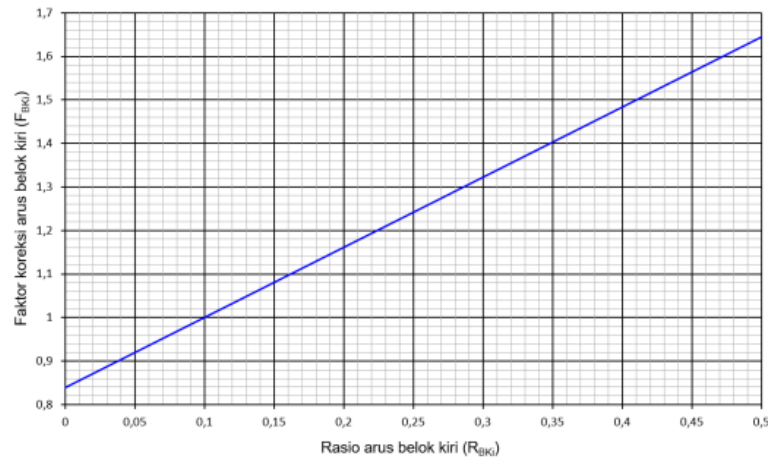
$$F_{BKI} = 0.84 + 1.61 R_{BKI} \tag{3.3}$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

F_{BKI} : adalah faktor rasio arus belok kiri

R_{BKI} : adalah rasio arus belok kiri atau perbandingan arus kendaraan yang berbelok ke kiri dengan arus total pada simpang.



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 7. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri

Faktor rasio arus belok kanan (F_{BKa}) adalah faktor koreksi yang mempengaruhi kapasitas simpang pada suatu kondisi. F_{BKa} untuk simpang 3 (tiga) dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah atau dengan menggunakan grafik.

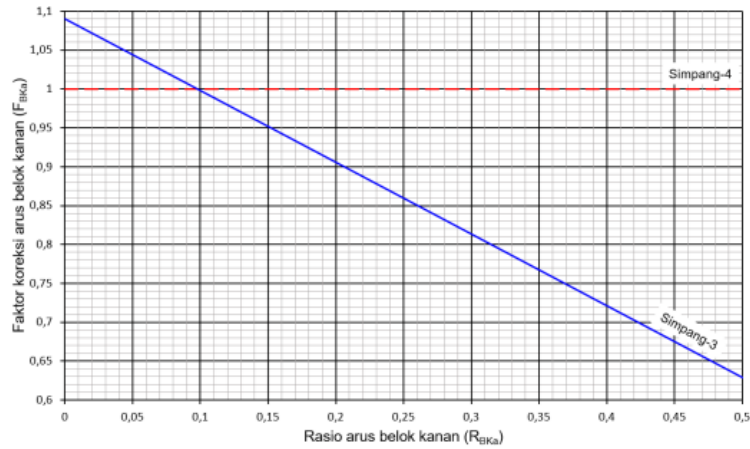
$$F_{BKa} = 1.09 - 0.922 R_{BKa} \quad (3.4)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

F_{BKa} : adalah faktor rasio belok kanan

R_{BKa} : adalah rasio arus belok kanan atau perbandingan arus kendaraan yang berbelok ke kanan dengan arus total pada simpang.



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 8. Faktor Koreksi Rasio Belok Kanan

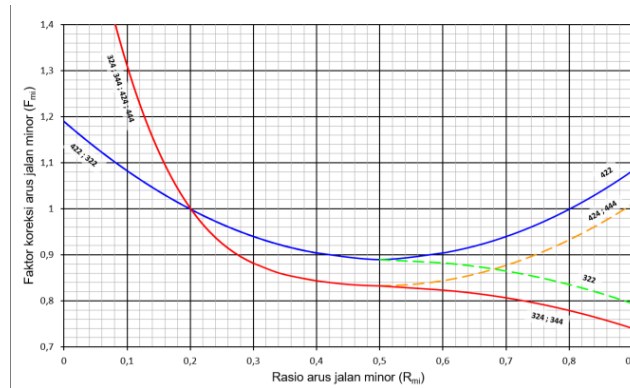
g. **Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor**

Faktor koreksi rasio arus pada jalan minor adalah faktor yang mempengaruhi kapasitas simpang pada suatu kondisi yang memperlihatkan semakin besar atau semakin kecil arus yang ada pada jalan minor maka akan mempengaruhi kapasitas pada suatu simpang. Faktor koreksi rasio arus dari jalan minor dapat ditentukan menggunakan persamaan-persamaan yang diperoleh secara grafis menggunakan grafik dalam gambar tergantung dari Rmi dan tipe simpang, Rmi adalah perbandingan arus pada jalan minor dengan arus total pada suatu simpang.

Tabel 3. 7 Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor

Tipe Simpang	Fmi	Rmi
422	$1,19 \times Rmi^2 - 1,19 \times Pmi + 1,19$	0,1-0,9
424	$16,6 \times Pmi^4 - 33,3 \times Rmi^3 + 25,3 \times Rmi^2 - 8,6 \times Rmi + 1,95$	0,1-0,3
444	$1,11 \times Rmi^2 - 1,11 \times Rmi + 1,11$	0,3-0,9
322	$1,19 \times Rmi^2 - 1,19 \times Rmi + 1,19$	0,1-0,5
	$(-0,595) \times Rmi^2 + 0,595 \times Rmi^3 + 0,74$	0,5-0,9
324 344	$16,6 \times Rmi^2 - 33,3 \times Rmi^3 + 25,3 \times Rmi^2 - 8,6 \times Rmi + 1,95$	0,1-0,3
	$1,11 \times Rmi^2 - 1,11 \times Rmi + 1,11$	0,3-0,5
	$(-0,555) \times Rmi^2 + 0,555 \times Rmi + 0,69$	0,5-0,9

Sumber: PKJI 2023



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 9. Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor

2. Kinerja Simpang

a. Ekuivalensi Mobil Penumpang

Ekuivalensi mobil penumpang adalah nilai yang berfungsi menyamakan semua jenis kendaraan menjadi satuan mobil penumpang. Semua nilai arus lalu lintas yang masuk ke simpang dan masih dinyatakan dalam satuan kend/jam perlu dikonversikan menjadi SMP/jam dengan menggunakan EMP pada tabel berikut.

Tabel 3. 8 Ekuivalensi Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	EMP	
	q _{TOTAL} ≥ 1000 (kend/jam)	q _{TOT} < 1000 (kend/jam)
MP	1,0	1,0
KS	1,8	1,3
SM	0,2	0,5

(Sumber: PKJI 2023)

b. Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan (D_j) merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas. D_j merupakan suatu indikator yang menentukan tingkat kinerja suatu simpang. D_j yang dianjurkan yaitu harus dibawah batas 0,8-0,9. Derajat Kejenuhan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$D_j = \frac{q}{c} \tag{3.5}$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

D_j : adalah derajat kejenuhan

C : adalah kapasitas simpang, dalam SMP/jam

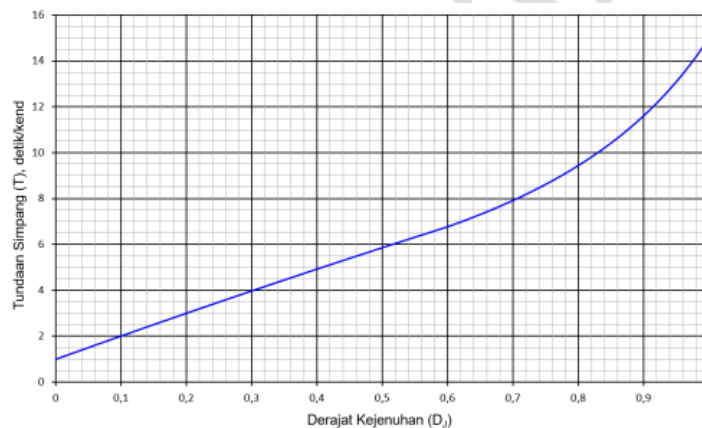
q : adalah semua arus lalu lintas kendaraan bermotor dari semua lengan simpang yang masuk ke dalam simpang dengan satuan SMP/jam

c. Tundaan

Tundaan (T) terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometri (T_G). T_{LL} adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari semua arah yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut atau diperoleh menggunakan gambar tundaan lalu lintas simpang sebagai fungsi dari D_j berikut.

$$\text{Untuk } D_j \leq 0.60 : T_{LL} = 2 + 8.2078D_j - (1 - D_j)^2 \quad (3.6)$$

$$\text{Untuk } D_j \geq 0.60 : T_{LL} = \frac{1.0504}{(0.2742 - 0.2042D_j)} - (1 - D_j)^2 \quad (3.7)$$



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 10. Tundaan Lalu Lintas Simpang Sebagai Fungsi dari DJ

- 1) Tundaan lalu lintas jalan mayor (T_{LLma}) adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor. T_{LLma} dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

ini atau diperoleh menggunakan gambar berdasarkan nilai Derajat Kejenuhan

$$\text{Untuk } D_j \leq 0.60 : T_{LLma} = 1.800 + 5.8243D_j - (1 - D_j)^{1.8} \quad (3.8)$$

$$\text{Untuk } D_j \geq 0.60 : T_{LLma} = \frac{1.0503}{(0.3460 - 0.2460D_j)} - (1 - D_j)^{1.8} \quad (3.9)$$

2) Tundaan lalu lintas untuk jalan minor (T_{LLmi}) adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan minor. T_{LLmi} dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$T_{LLmi} = \frac{q_{KB} \times T_{LL} - q_{ma} \times T_{LLma}}{q_{mi}} \quad (3.10)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

q_{KB} : adalah arus total kendaraan bermotor yang masuk simpang, dalam SMP/jam

q_{ma} : Adalah arus kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor, dalam SMP/jam

T_G : adalah tundaan geometri rata-rata seluruh simpang, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Untuk } D_j < 1: T_G = (1 - D_j) \times (6R_B + 3(1 - R_B) + 4D_j(\text{detik/SMP})) \quad (3.11)$$

$$\text{Untuk } D_j \geq 1: T_G = 4 \text{ detik/SMP} \quad (3.12)$$

Keterangan:

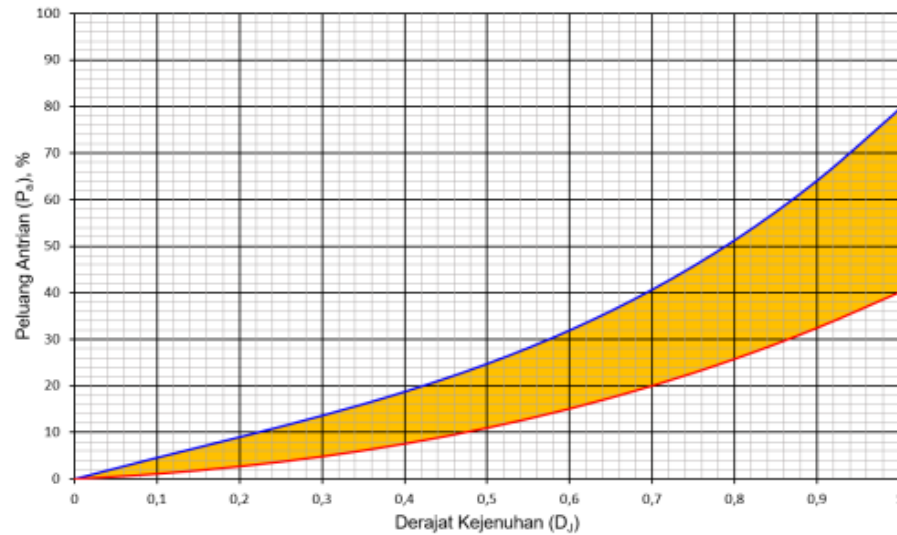
R_B : adalah rasio arus belok terhadap arus kendaraan bermotor total simpang

d. Peluang antrian

Peluang antrian (P_a) dinyatakan dalam rentang kemungkinan (%) dan dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut atau ditentukan menggunakan gambar peluang antrian ($P_a, \%$) pada simpang sebagai fungsi dari D_j . P_a tergantung dari derajat kejenuhan dan digunakan sebagai salah satu dasar penilaian kinerja lalu lintas simpang.

Batas atas peluang: $P_a = 47.71D_j - 24,68D_j^2 + 56.47D_j^3$ (3.13)

Batas bawah peluang: $P_a = 9.02D_j - 20,66D_j^2 + 10.49D_j^3$ (3.14)



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 11. Peluang Antrian

3.4 Perhitungan Kinerja Simpang APILL

Persimpangan yang dilengkapi dengan lampu lalu lintas (APILL) dioperasikan menggunakan tiga warna sinyal, yakni merah, kuning, dan hijau. Beberapa indikator kinerja simpang APILL meliputi kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian, serta tundaan. Perhitungan parameter-parameter tersebut mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam Panduan Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dengan metode sebagai berikut.

1. Arus jenuh

Arus jenuh didefinisikan sebagai laju kendaraan rata-rata yang melewati suatu pendekat persimpangan selama fase hijau, dengan satuan smp/jam hijau. Perhitungan arus jenuh pada persimpangan APILL dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKI} \times F_{BKA}$$
 (3.15)

Sumber: PKJI 2023

Keterangan:

- J : adalah arus jenuh
- J_0 : adalah arus jenuh dasar
- F_{UK} : adalah faktor koreksi ukuran kota
- F_{HS} : adalah faktor koreksi hambatan samping
- F_G : adalah faktor koreksi geometri
- F_P : adalah faktor koreksi parkir
- F_{BKa} : adalah faktor koreksi kendaraan belok kanan
- F_{BKl} : adalah faktor koreksi kendaraan belok kiri

a. Arus jenuh dasar

Arus jenuh dasar adalah nilai keberangkatan saat antrian dengan posisi di dalam pendekat pada saat kondisi ideal. Untuk menghitung nilai arus jenuh dasar dapat menggunakan rumus berikut.

$$J_0 = 600 \times L_E \tag{3.16}$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- J_0 : adalah arus jenuh dasar, dalam SMP/jam
- L_e : adalah lebar masuk suatu pendekat (m)

b. Faktor penyesuaian ukuran kota

Faktor penyesuaian ukuran kota adalah faktor penyesuaian atau koreksi kapasitas dasar akibat ukuran kota. Faktor penyesuaian ukuran kota didapat dari tabel berikut.

Tabel 3. 9 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran Kota	Penduduk (Juta)	Faktor Koreksi Ukuran Kota
Sangat Kecil	< 0,1	0.82
Kecil	0,1 - 0,5	0.88
Sedang	0,5 - 1.0	0.94
Besar	1,0 - 3,0	1.00
Sangat Besar	> 3,0	1.05

(Sumber: PKJI 2023)

c. Faktor penyesuaian hambatan samping

Faktor penyesuaian hambatan samping dapat diperoleh dari table berikut.

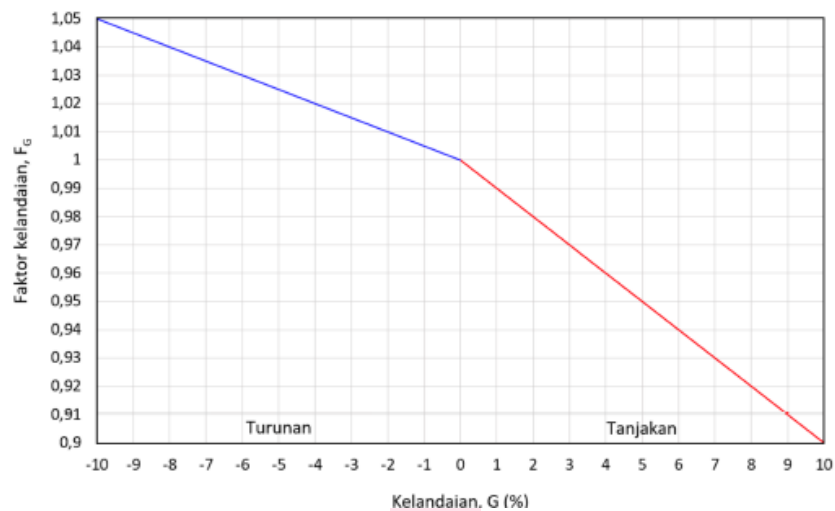
Tabel 3. 10 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

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

(Sumber: PKJI 2023)

d. Faktor Penyesuaian Kelandaian

Faktor koreksi kelandaian, jika semakin besar akan menambah tundaan dan panjang antrian pada simpang. Dalam menentukan faktor penyesuaian kelandaian dapat menggunakan grafik berikut.



(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 12. Faktor Penyesuaian Kelandaian

e. Faktor Penyesuaian Parkir

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

$$F_p = \frac{\left[\frac{L_p}{3} - (W_A - 2)\right] \times \left(\frac{L_p}{3 - g}\right) / W_A}{g} \quad (3.17)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- L_p : adalah jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m) atau panjang dari lajur pendekat
- W_A : adalah lebar pendekat (m)
- g : adalah waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 det)

f. Faktor penyesuaian belok kanan

Faktor penyesuaian belok kanan adalah faktor untuk mempertimbangkan peningkatan rasio belok kanan (R_{bka}) yang tinggi pada arus jenuh. Faktor penyesuaian belok kanan dinilai hanya dihitung agar pendekat tipe P (terlindung) dan dengan median serta jalan dua arah.

$$F_{BKA} = 1 + (R_{BKA} \times 0.26) \quad (3.18)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- F_{BKA} : adalah rasio kendaraan berbelok kanan pada pendekat yang ditinjau

g. Faktor penyesuaian belok kiri

Pada pendekat terlindung yang tidak diijinkan belok kiri jalan terus, kendaraan yang belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pada pendekat tersebut oleh karena itu perlunya perhitungan faktor

penyesuaian belok kiri. Faktor penyesuaian belok kiri hanya dihitung untuk pendekatan tipe P (terlindung) tanpa LTOR.

$$F_{BKI} = 1 - (R_{BKI} \times 0.16) \quad (3.19)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

F_{BKI} : adalah rasio kendaraan berbelok kiri pada pendekatan yang ditinjau

h. Rasio arus

Rasio arus (FR) adalah perbandingan total arus lalu lintas dengan total waktu siklus. Untuk menghitung rasio arus (FR) sebagai berikut.

$$FR = \frac{Q}{S} \quad (3.20)$$

Sumber, PKJI 2023

i. Rasio arus simpang

Rasio arus simpang (IFR) adalah perbandingan arus lalu lintas dengan arus jenuh pada tiap-tiap pendekatan pada simpang. IFR dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$IFR = \Sigma(FR_{crit}) \quad (3.21)$$

Sumber, PKJI 2023

j. Rasio fase

Rasio Fase adalah perbandingan rasio arus simpang pada tiap fase dengan total rasio arus simpang. Untuk menghitung rasio fase (PR) masing-masing fase sebagai rasio antara F_{crit} dan IFR dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$PR = FR_{crit}/IFR \quad (3.22)$$

Sumber, PKJI 2023

k. Waktu siklus

Waktu siklus adalah total waktu yang diperlukan pada suatu simpang dalam satu siklus atau menjalankan semua fase. Penentuan waktu siklus yang diperlukan diperoleh rumus berikut ini.

$$S = \frac{(1,5 - W_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{q/jkritis})} \tag{3.23}$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- S : adalah waktu siklus (detik)
- W_{HH} : adalah waktu hijau per siklus
- $R_{q/j}$: adalah rasio arus
- $R_{q/jkritis}$: adalah rasio arus tertinggi dari semua pendekat pada fase yang sama
- $\sum R_{q/jkritis}$: adalah rasio arus simpang

Penentuan waktu siklus yang diperlukan juga dapat diperoleh dari tabel berikut.

Tabel 3. 11 Penentuan Waktu Siklus

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

(Sumber: PKJI 2023)

1. Waktu hijau

Waktu hijau adalah waktu pada fase hijau yang diperlukan pada tiap pendekat. Untuk dapat menghitung waktu hijau dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$W_{Hi} = (s - W_{HH})x \frac{R_{q/jkritis}}{\sum i(R_{q/jkritis})^i} \tag{3.24}$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- S : adalah waktu siklus (detik)

- 15 W_{HH} : adalah waktu hijau per siklus
- 15 $R_{q/j}$: adalah rasio arus
- 15 $R_{q/jkritis}$: adalah rasio arus tertinggi dari semua pendekat pada fase yang sama
- 1 $\Sigma R_{q/jkritis}$: adalah rasio arus simpang

2. Kapasitas

Perhitungan kapasitas pada persimpangan APILL berlandaskan Manual Kapasitas Jalan Indonesia menggunakan rumus berikut.

$$C = J \times \frac{WH}{S} \quad (3.25)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- 86 C : adalah kapasitas (smp/jam)
- S : adalah waktu siklus (detik)
- 1 WH : adalah waktu hijau (det)
- J : Adalah arus jenuh

3. Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas suatu pendekat. Derajat kejenuhan diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$DJ = \frac{Q_{total}}{C} \quad (3.26)$$

Sumber, PKJI 2023

4. Jumlah antrian

1 Banyaknya Rata-rata antrian SMP (NQ) pada awal lampu hijau merupakan hasil dari jumlah siswa SMP dan SMA yang tersisa dari periode hijau sebelumnya (NQ1). Tiba saat fase merah (NQ2).

$$NQ1 = 0,25 \times (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + 8 \times \frac{DS - 0,5}{C}}$$

Jika $DS > 0,5$; selain dari itu $NQ_1 = 0$

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

Sehingga jumlah antrian dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (3.27)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

NQ_1 : adalah jumlah smp yang tertinggi dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 : adalah jumlah smp yang datang selama fase merah

DS : adalah derajat kejenuhan

GR : adalah rasio hijau

c : adalah waktu siklus (det)

C : adalah kapasitas (smp/jam) = $S \times GR$

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

5. Panjang antrian

Panjang antrian merupakan panjang antrian smp yang dirumuskan dengan rumus berikut.

$$PA = \frac{(NQ_{max} \times 20)}{Lm} \quad (3.28)$$

Sumber, PKJI 2023

6. Angka henti

Angka henti merupakan jumlah henti rata-rata kendaraan sebelum melewati suatu simpang yang dihitung dengan rumus berikut.

$$RKH = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times S} \times 3600 \quad (3.29)$$

Sumber, PKJI 2023

Setelah menghitung angka henti, maka perlu dilakukan perhitungan rasio kendaraan terhenti dengan rumus berikut.

$$NKH = Q \times RKH \quad (3.30)$$

Sumber, PKJI 2023

7. Tundaan

Tundaan ialah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang yang terdiri dari tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat dihitung dengan rumus berikut

$$T_i = TLL + TG \quad (3.31)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- 1 T_i : adalah tundaan rata-rata untuk pendekat i (det/smp)
 TLL : adalah tundaan lalu-lintas rata-rata untuk pendekat i (det/smp)
 TG : adalah tundaan geometri rata-rata untuk pendekat (det/smp)

Untuk tundaan lalu lintas rata-rata diperoleh dengan perhitungan berikut.

$$TLL = c \times \frac{0,5 \times (1 - RH)^2}{(1 - RH \times DJ)} + \frac{NQ1 \times 3600}{c} \quad (3.32)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- 1 TLL : adalah tundaan lalu-lintas rata-rata pada pendekat (det/smp)
 RH : adalah rasio hijau (g/c)
 DJ : adalah derajat kejenuhan
 C : adalah kapasitas (smp/jam)
 $NQ1$: adalah jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

Adapun untuk tundaan geometri rata-rata diperoleh dengan rumus berikut:

$$TG = (1 - RKH) \times PB \times 6 + (RKH \times 4) \quad (3.33)$$

Sumber, PKJI 2023

Keterangan:

- 4 TG : adalah tundaan geometri rata-rata pada pendekat j (det/smp)

RKH : adalah rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

PB : adalah rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

3.5 Penentuan Tipe Bundaran Yang Baku

Menurut PKJI 2023, terdapat ukuran baku yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan berbagai tipe bundaran berdasarkan konfigurasi geometrik dan kapasitas lalu lintas yang diharapkan. Ukuran baku ini mencakup beberapa parameter penting, seperti jari-jari bundaran, jumlah lajur masuk, lebar lajur masuk, panjang jalinan, serta lebar jalinan. Parameter-parameter tersebut disesuaikan dengan karakteristik lalu lintas pada lokasi bundaran yang direncanakan, sehingga dapat menjamin kelancaran pergerakan kendaraan serta meminimalkan potensi konflik di area bundaran.

Tabel 3. 12 Ukuran Baku Beberapa Tipe Bundaran

Tipe Bundaran	Jari-jari Bundaran (m)	Jumlah Lajur Masuk	Lebar Lajur Masuk (W_i) (m)	Panjang Jalinan (L_w) (m)	Lebar Jalinan (W_w) (m)
R 10-11	10	1	3,5	23	7
R 10-22	10	2	7,0	27	9
R 14-22	14	2	7,0	31	9
R 20-22	20	2	7,0	43	9

(Sumber, PKJI 2023)

3.6 Penentuan Tingkat Pelayanan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, tingkat pelayanan suatu simpang ditentukan berdasarkan besar kecilnya nilai tundaan yang terjadi pada simpang tersebut. Semakin besar nilai tundaan, maka semakin rendah kualitas atau tingkat pelayanannya. Klasifikasi tingkat pelayanan simpang disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3. 13 Penentuan Tingkat Pelayanan

Indeks Tingkat Pelayanan (ITP)	Tundaan Per Kendaraan
A	< 5 detik/kend
B	5 – 15 detik/kend
C	15 – 25 detik/kend
D	25 – 40 detik/kend
E	40 – 60 detik/kend

F	> 60 detik/kend
---	-----------------

(Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 96, 2015)

3.7 Kecepatan Titik

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

3.8 Sampel Slovin

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Pada penelitian ini sampel yang diambil berdasarkan populasi jumlah kendaraan dalam satu jam sibuk. Untuk menentukan jumlah sampel yang diambil menggunakan persamaan Slovin yaitu:

$$n = N/(1+Ne^2) \quad (3.34)$$

(Sumber, Jepriadi 2022)

Keterangan:

- n : Sampel
- N : Populasi
- Ne : Nilai *error*

3.9 Perangkat Lunak VISSIM

3.9.1 Pengertian VISSIM

VISSIM berasal dari kata *Verkehr Stadten Simulations Model* (dalam bahasa Jerman) yang artinya model simulasi lalu lintas kota. VISSIM merupakan alat bantu atau perangkat lunak simulasi lalu lintas untuk keperluan rekayasa lalu lintas, perencanaan transportasi, waktu sinyal, angkutan umum serta perencanaan kota yang bersifat mikroskopis dalam aliran lalu lintas multi moda yang diterjemahkan secara visual. Dengan visual 3D, VISSIM mampu menampilkan sebuah animasi yang realistis dari simulasi yang dibuat dan tentunya penggunaan VISSIM akan mengurangi biaya dari perancangan yang akan dibuat secara nyata. Pengguna

software ini dapat memodelkan segala jenis perilaku pengguna jalan yang terjadi dalam sistem transportasi (Hormansyah & Amalia, 2016).

3.9.2 Membangun Pemodelan VISSIM

Langkah-langkah dalam melakukan pemodelan dan simulasi lalu lintas dalam perangkat lunak Vissim (Tazliman, 2023) meliputi:

1. Menentukan *background* lokasi studi
2. Membuat jaringan jalan
3. Membuat rute perjalanan
4. Menentukan jenis kendaraan
5. Menambahkan *vehicle types* dan *vehicle classes*
6. Menentukan *desired speed distribution*
7. Menentukan *vehicle composition* dan *vehicle input*
8. Menambahkan *signal controller*
9. Mengatur *driving behavior*
10. Mengatur *configuration evaluation*
11. Menentukan *nodes* simpang
12. Menjalankan *running evaluation*
13. Memperoleh hasil *output*

3.9.3 Kalibrasi VISSIM

Kalibrasi dilakukan secara trial and error pada pengaturan Driving Behavior agar hasil simulasi mendekati kondisi asli di lapangan. Parameter-parameter yang disesuaikan meliputi:

1. *Desired position at free flow* (lajur jalan yang diinginkan oleh pengemudi saat kondisi arus bebas).
2. *Overtake on same lane ; on left and on right* (dapat mendahului dari lajur kiri atau kanan).
3. *Distance standing* (jarak antar kendaraan pada saat berhenti).
4. *Distance driving* (jarak antar kendaraan pada saat mendekati mulut simpang)

5. *Average standstill distance* (jarak antara kendaraan berurutan saat berhenti).

6. *Additive part of safety distance* (koefisien penambah jarak aman).

3.9.4 Validasi Model Simulasi

Tahap berikutnya setelah proses kalibrasi adalah melakukan validasi. Validasi bertujuan untuk menilai sejauh mana tingkat akurasi model dan parameter yang telah dikembangkan sebelumnya. Parameter yang digunakan dalam proses ini adalah volume lalu lintas. Metode validasi yang diterapkan adalah GEH (*Geoffrey E. Havers*) tahun 1970. Metode GEH sendiri merupakan modifikasi dari uji statistik *chi-squared*, yang menganalisis perbedaan antara nilai mutlak dan nilai relatif (Jepriadi, 2022). Adapun rumus GEH yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$GEH = \frac{\sqrt{(q \text{ simulated} - q \text{ observed})^2}}{0.5 \times (q \text{ simulated} + q \text{ observed})} \quad (3.35)$$

(Sumber, Jepriadi 2022)

3.10 Konflik Simpang

Di area persimpangan, jalur kendaraan saling bersilangan pada titik-titik yang disebut titik konflik. Titik-titik ini dapat menghambat kelancaran pergerakan kendaraan dan menjadi lokasi yang berpotensi tinggi untuk terjadinya kecelakaan akibat benturan. Arus lalu lintas yang terlibat dalam konflik di suatu simpang memiliki perilaku yang kompleks, karena setiap manuver baik belok kiri, belok kanan, maupun lurus menghadapi jenis konflik yang berbeda sesuai dengan karakteristik gerakannya.

Jenis pengendalian yang diterapkan pada persimpangan sangat bergantung pada volume lalu lintas yang melintas. Semakin tinggi volume arus lalu lintas, semakin banyak pula konflik yang terjadi, sehingga pengendaliannya menjadi semakin kompleks. Untuk jalan dengan lalu lintas tinggi atau jalan bebas hambatan, sering kali dibutuhkan penanganan yang lebih spesifik dan intensif agar lalu lintas tetap lancar dan aman.

1. Persimpangan Sederhana

Jenis persimpangan ini diterapkan ketika volume lalu lintas masih rendah dan kecepatan kendaraan relatif lambat. Pada kondisi ini, kendaraan yang datang

dari arah kiri diberi prioritas terlebih dahulu. Persimpangan semacam ini umumnya ditemukan di jalan-jalan lingkungan dalam kawasan permukiman.

2. Persimpangan Prioritas

Persimpangan ini terjadi ketika jalan utama (mayor) berpotongan dengan jalan dengan lalu lintas yang lebih kecil (minor). Dalam hal ini, kendaraan di jalan utama memiliki hak utama untuk melintas. Untuk memperjelas hak prioritas ini, biasanya digunakan rambu lalu lintas sebagai penanda.

3. Lampu Lalu Lintas

Jika volume arus lalu lintas sudah cukup tinggi, atau jika dua jalan dengan tingkat kepentingan yang setara berpotongan, maka digunakan sistem pengaturan lampu lalu lintas. Penggunaan lampu ini mengacu pada ketentuan internasional dari *Vienna Convention on Road Signs and Signals* tahun 1968, di mana lampu merah berarti berhenti, kuning menandakan bersiap untuk berhenti atau jalan, dan hijau berarti kendaraan diperbolehkan melintas.

4. Bundaran Lalu Lintas

Bundaran dapat diterapkan jika terdapat cukup ruang untuk membangun lingkaran lalu lintas di tengah persimpangan. Jenis persimpangan ini memiliki kapasitas yang umumnya sebanding dengan volume lalu lintas. Aturan utamanya adalah kendaraan yang sudah berada di dalam bundaran memiliki hak prioritas dibandingkan kendaraan yang akan masuk.

5. Persimpangan Tak Sebidang

Jenis persimpangan ini digunakan untuk mengatur lalu lintas pada volume tinggi, seperti pada jalan tol atau jalan bebas hambatan. Dengan memisahkan ketinggian jalur lalu lintas, persimpangan ini memungkinkan arus kendaraan tetap lancar tanpa gangguan dari arah lain.

3.10.1 Gerakan Lalu Lintas Pada Persimpangan

Terdapat empat tipe dasar pergerakan lalu lintas di persimpangan jika dilihat dari sifat dan tujuan gerakannya, yaitu:

1. *Diverging* (Gerakan Memisah)

Gerakan *diverging* terjadi ketika kendaraan yang melaju pada suatu ruas jalan mulai menyebar atau berpencar saat mencapai titik persimpangan.

Pergerakan ini umumnya terjadi ketika kendaraan membelok ke arah lain atau berpindah jalur. Konflik lalu lintas dapat muncul pada saat proses membelok atau berganti jalur ini, terutama jika tidak didukung dengan pengaturan lalu lintas yang baik.

2. *Merging* (gerakan bergabung)

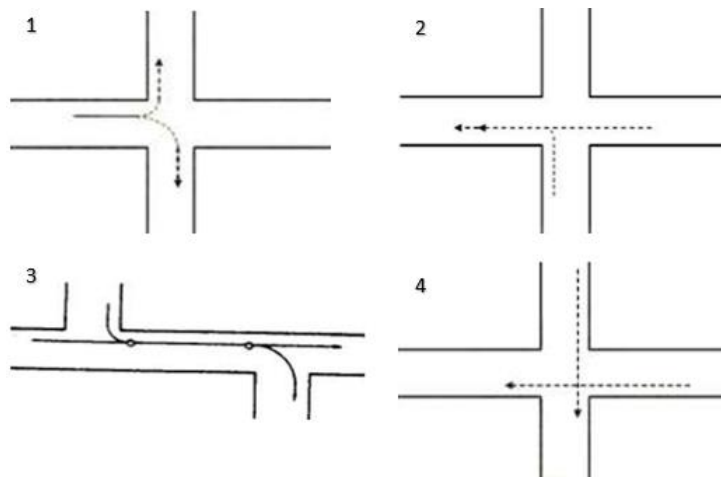
Peristiwa bergabungnya kendaraan yang bergerak dari beberapa ruas jalan ketika bergabung pada suatu titik persimpangan, dan juga pada saat kendaraan melakukan pergerakan membelok dan bergabung.

3. *Weaving* (bersilangan)

Peristiwa terjadinya perpindahan jalur atau jalinan arus kendaraan menuju pendekat lain. Gerakan ini merupakan perpaduan dari gerakan diverging dan merging.

4. *Crossing* (berpotongan)

Peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur lain pada persimpangan, biasanya keadaan demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan.



(Sumber: Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)

Gambar 13. Tipe Dasar Gerakan

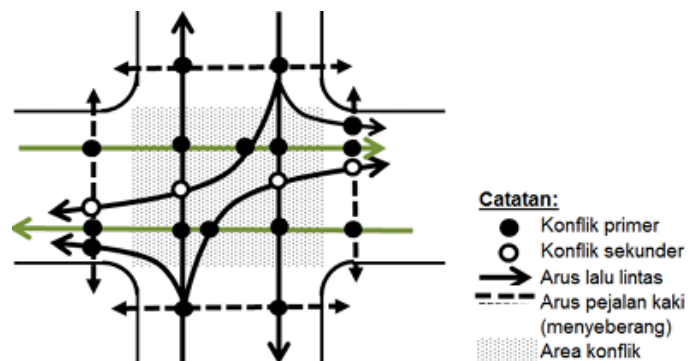
Persimpangan dalam suatu jaringan jalan berfungsi untuk memungkinkan kendaraan bermotor, kendaraan tidak bermotor, serta pejalan kaki bergerak ke berbagai arah secara bersamaan. Akibat dari fungsi ini, persimpangan memiliki karakteristik khas berupa munculnya konflik lalu lintas yang terjadi secara

berulang. Konflik tersebut timbul karena perbedaan arah pergerakan masing-masing pengguna jalan. Secara umum, konflik di persimpangan dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sifatnya:

1. Konflik Primer (*Primary Conflict*) adalah konflik yang terjadi antara arus lalu lintas yang bergerak lurus dari dua ruas jalan yang saling bersilangan, serta termasuk konflik dengan pergerakan pejalan kaki.
2. Konflik Sekunder (*Secondary Conflict*) merupakan konflik yang muncul antara kendaraan yang akan berbelok kanan dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan (yang bergerak lurus), serta konflik antara kendaraan yang berbelok kiri dengan pejalan kaki yang sedang menyeberang.

3.10.2 Daerah Konflik Di Simpang

Konflik dapat dibedakan atas dua jenis berdasarkan ada tidaknya alat pengatur simpang yaitu konflik yang terjadi pada persimpangan sebidang tidak bersinyal dan konflik yang terjadi pada simpang sebidang bersinyal. Pada persimpangan sebidang tidak bersinyal terdapat lebih banyak konflik dibandingkan pada persimpangan bersinyal. Konflik lalu lintas pada persimpangan sebidang empat lengan tidak bersinyal memiliki 16 titik konflik persilangan, 8 titik konflik penggabungan, dan 8 titik konflik penyebaran, dapat dilihat pada **Gambar 14**.



(Sumber: PKJI, 2023)

Gambar 14. Titik Konflik Simpang Empat Lengan

3.11 Penelitian Terdahulu

Tabel 3. 14 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Penulis dan Tahun	Hasil	Pembeda
1	Analisa Kinerja Simpang Tak Bersignal (Studi Kasus: Simpang Tak Bersignal Lengan Tiga Jl. Hasanuddin, Jl. Santiago Dan Jl. Pogidon, Tuminting)	Adesyafitri Aprilita Paendong (2020)	Hasil dari penelitian didapat arus puncak pada saat jam puncak yaitu jam 10.00-11.00 WITA, dengan volume total kendaraan (QTOT) sebesar 1581 smp/jam. Level Of Service (LOS) yang di dapat yaitu LOS D.	Perbedaannya terletak pada lokasi penelitian serta metode yang digunakan pada penelitian yaitu MKJI 1997 dan program SUMO.
2	Perencanaan Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Terminal Ciledug Kabupaten Cirebon)	Dedi Hermawan (2021)	Hasil penelitian yang diperoleh nilai derajat kejenuhan (DS) untuk 3 fase yaitu sebesar 0,79, waktu siklus sebesar 70 detik, waktu tundaan rata-rata 40,22 detik/smp. Sehingga dari hasil perencanaan ini yang lebih efektif menggunakan 3 fase.	Perbedaannya terletak pada lokasi penelitian serta metode yang digunakan pada penelitian yaitu MKJI 1997.
3	Perencanaan Simpang Bersinyal Studi Kasus Simpang	Roni Ibnu Prakoso (2021)	Hasil DS (derajat kejenuhan) sebesar 0.709 dan telah mendekati titik jenuh,	Perbedaannya terletak pada lokasi penelitian serta metode yang

	<p>Tiga Smkn 1 Teluk Kuantan (Jl. Proklamasi, Jl. Belibis, Jl. Tuanku Tambusai) Kota Teluk Kuantan</p>		<p>dimana besar nilai arus jenuh adalah 0.75, terdapat selisih yang sangat kecil sebesar 0.041, dan perencanaan lampu <i>traffic light</i> di setiap lengan hasil waktu hilang total (LTI) untuk tiap fase sebesar 27 detik dan waktu kuning total 9 detik. Sedangkan untuk waktu merah pada tiap fase adalah 18 detik dan hijau (g) dan lengan Jl. Belibis sebesar 85 detik (hijau), Jl. Proklamasi 86 detik (hijau), Jl. Tuanku Tambusai 37 detik (hijau).</p>	<p>digunakan pada penelitian yaitu MKJI 1997.</p>
--	--	--	--	---

Perbedaan mendasar antara penelitian yang penulis lakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya terletak pada dua aspek utama, yaitu metode yang digunakan dan lokasi (lokus) penelitian. Perbedaan ini menjelaskan kebaharuan penelitian penulis. Pada penelitian terdahulu, analisis lalu lintas umumnya dilakukan dengan mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 sebagai acuan utama dalam melakukan evaluasi kinerja simpang. Sementara itu, dalam penelitian yang penulis kaji saat ini, pendekatan metodologis mengalami pengembangan dengan menggunakan kombinasi metode PKJI 2023 sebagai acuan nasional terbaru, serta dukungan simulasi mikrosimulasi menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM.

Pemilihan metode ini dimaksudkan untuk memperoleh hasil yang lebih representatif terhadap kondisi lalu lintas aktual, mengingat PKJI 2023 telah memperbarui parameter-parameter kinerja simpang agar sesuai dengan perkembangan karakteristik lalu lintas masa kini. Selain itu, penggunaan VISSIM memungkinkan visualisasi dan analisis yang lebih rinci terhadap dinamika pergerakan kendaraan secara real-time. Di sisi lain, lokasi penelitian juga menjadi pembeda penting, karena penelitian ini berfokus pada simpang Jembatan Kedungkandang yang memiliki karakteristik lalu lintas yang kompleks, berbeda dengan objek penelitian terdahulu yang umumnya berada di kawasan perkotaan lain dengan konfigurasi dan volume lalu lintas yang berbeda.

27

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Menurut (Aziza, 2023), pendekatan deskriptif kuantitatif bertujuan untuk menyajikan gambaran atau deskripsi data yang telah dikumpulkan sehingga informasi yang diperoleh menjadi lebih mudah dipahami. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan dan menganalisis fenomena yang terjadi di wilayah studi dengan mengandalkan data numerik, khususnya dalam evaluasi kinerja simpang melalui metode perhitungan dan simulasi menggunakan PKJI 2023 dan perangkat lunak PTV VISSIM. Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan gambaran yang objektif mengenai kondisi lalu lintas serta menilai dampak dari penerapan rekayasa lalu lintas yang dirancang.

4.2 Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

4.2.1 Data Sekunder

Beberapa data sekunder untuk menunjang kajian pada Simpang Jembatan Kedungkandang ini diperoleh dari instansi terkait di Kota Malang yang telah dituangkan pada laporan umum yang telah diselesaikan setelah pelaksanaan Praktek Kerja Lapangan (PKL) Kota Malang tahun 2025 dengan mengambil data-data sebagai berikut.

1. Peta Jaringan Jalan

Pembuatan peta jaringan jalan bersumber dari kementerian PUPR yang berkaitan dengan penetapan ruas jalan menurut status sebagai jalan nasional, SK Gubernur Jawa Timur mengenai status ruas jalan sebagai jalan provinsi dan SK Walikota terkait penetapan ruas jalan berdasarkan fungsinya yang selanjutnya diolah kembali oleh bidang manajemen dan rekayasa lalu lintas PKL Kota Malang 2025 berdasarkan kondisi eksisting saat ini.

2. Peta Tata Guna Lahan

Peta tata guna lahan digunakan untuk mengetahui karakteristik guna lahan pada wilayah kajian. Tata guna lahan merupakan salah satu indikator yang

1 digunakan untuk menentukan kriteria hambatan samping dalam perhitungan kinerja. Peta tata guna lahan diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Malang.

3. Data Jumlah Penduduk

11 Data jumlah penduduk didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Malang yang selanjutnya akan digunakan dalam proses tahapan analisis. Data yang digunakan merupakan hasil publikasi BPS pada tahun 2024.

1 4.2.2 Data Primer

1 Data primer didapatkan dari survei-survei yang dilakukan secara langsung di lapangan. Metode dan data yang dikumpulkan yakni sebagai berikut:

1 1. Data Inventarisasi Sempang

Data inventarisasi didapatkan dari pelaksanaan survei inventarisasi sempang yang dimana hal terkait dengan survei inventarisasi sempang dijelaskan sebagai berikut:

1 a. Pengertian

1 Data inventarisasi sempang digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik sempang, lebar pendekat, radius, hambatan samping, serta perlengkapan sempang dengan pertimbangan bahwa komponen-komponen tersebut dapat mempengaruhi kapasitas sempang, pergerakan serta keselamatan lalu lintas.

27 b. Maksud dan Tujuan

1 Survei inventarisasi sempang ini dilakukan untuk mengetahui kondisi sempang berupa lebar pendekat jalan yang ada dalam wilayah studi Kota Malang yang dalam hal ini yakni Sempang Jembatan Kedungkandang serta semua fasilitas yang ada di sempang tersebut. Survei Inventarisasi sempang ini dimaksudkan untuk menunjang pelaksanaan survei-survei selanjutnya.

1 c. Target Data

1 Target data yang didapat dari survei inventarisasi Sempang Jembatan Kedungkandang ini adalah tipe pendekat, tipe sempang, tipe pengendalian, lebar pendekat, lebar efektif sempang, lebar median, lebar bahu, lebar

parkir, radius, hambatan samping, luas kerusakan simpang, jumlah akses, tata guna lahan, jenis perkerasan, kondisi simpang, serta fasilitas kelengkapan simpang.

d. Persiapan Survei

Pada tahapan ini terdapat beberapa peralatan yang harus disiapkan terlebih dahulu sebelum melaksanakan survei yaitu sebagai berikut:

- 1) *Roll Meter*
- 2) *Walking Measure*
- 3) Alat Tulis
- 4) Clipboard
- 5) Formulir Survei

e. Pelaksanaan Survei

Survei inventarisasi simpang dilaksanakan dengan cara mengamati, mengukur, dan mencatat data ke dalam formulir survei sesuai dengan target data yang akan diambil. Survei dilakukan pada pagi hari dengan tujuan keselamatan dimana pada saat pagi hari kendaraan masih sepi yang melintasi simpang. Pengamatan yang dilakukan dengan cara mengukur semua titik yang diterapkan, yaitu:

- 1) Lebar pendekat
- 2) Lebar trotoar
- 3) Lebar median
- 4) Lebar drainase, dan
- 5) Radius simpang,
- 6) Lokasi dan tipe simpang,
- 7) Tipe pengendalian dan tata guna lahan,
- 8) Hambatan samping dan kondisi simpang.

2. Data Volume Lalu Lintas Simpang

Data volume lalu lintas didapatkan dari kegiatan survei CTMC (*Classified Turning Movement Counting*) yang akan dijabarkan sebagai berikut:

a. Pengertian

Survei volume lalu lintas dilaksanakan untuk memperoleh data kepadatan arus kendaraan di area persimpangan dalam periode waktu tertentu. Data ini kemudian dianalisis untuk mengevaluasi tingkat pelayanan (*Level of Service/LOS*) persimpangan tersebut. Hasil survei ini selanjutnya menjadi dasar pertimbangan dalam merumuskan strategi manajemen lalu lintas dan merancang solusi rekayasa lalu lintas yang tepat untuk persimpangan yang bersangkutan.

b. Maksud dan Tujuan

Survei gerakan membelok terklasifikasi (survei pencacahan lalu lintas terklasifikasi di persimpangan) ini bertujuan untuk mengukur tingkat kepadatan lalu lintas di persimpangan melalui pengamatan langsung terhadap volume kendaraan yang diklasifikasikan berdasarkan jenis dan arah pergerakannya. Data dikumpulkan melalui pencacahan manual di setiap lengan persimpangan dalam periode waktu tertentu. Hasil survei digunakan untuk tiga tujuan utama, yaitu perancangan geometri persimpangan, analisis sistem pengendalian lalu lintas, serta penilaian kapasitas jalan. Survei ini penting dilakukan karena persimpangan merupakan titik rawan kemacetan akibat mekanisme pembagian ruang jalan. Ketika satu kendaraan mendapatkan prioritas, kendaraan lain otomatis akan tertahan. Oleh karena itu, pengaturan prioritas yang tepat diperlukan untuk meminimalkan konflik, terutama antara arus lalu lintas lurus dengan kendaraan yang berbelok kanan dari arah berlawanan.

c. Target Data

Data yang diamati merupakan data arus lalu lintas, yaitu informasi mengenai jumlah kendaraan yang melintas pada persimpangan. Pengamatan ini mencakup tidak hanya jumlah kendaraan, tetapi juga jenis atau klasifikasi kendaraan, seperti sepeda motor, mobil pribadi, bus, pick-up, truk kecil, truk sedang, maupun kendaraan khusus lainnya. Setiap kendaraan yang melintasi persimpangan dicatat berdasarkan arah pergerakannya baik itu kendaraan yang bergerak lurus, berbelok ke kiri, maupun ke kanan pada masing-masing lengan simpang. Pengumpulan data

dilakukan dalam satuan waktu tertentu, yaitu setiap 15 menit, selama periode pengamatan berlangsung. Dalam konteks ini, pengamatan dilakukan selama 24 jam penuh pada hari normal, dimulai dari pukul 05.00 hingga pukul 05.00. Hal ini bertujuan untuk memperoleh gambaran menyeluruh tentang pola lalu lintas harian, termasuk untuk mengidentifikasi waktu-waktu sibuk (jam puncak) serta distribusi lalu lintas sepanjang hari. Pemantauan dilakukan pada hari normal, yaitu hari kerja biasa yang tidak bertepatan dengan hari libur nasional, akhir pekan, atau hari-hari besar tertentu, agar data yang dikumpulkan mencerminkan kondisi lalu lintas yang representatif dan tidak terpengaruh oleh aktivitas atau peristiwa khusus yang bersifat tidak rutin.

d. Persiapan Survei

Dalam tahapan ini beberapa peralatan yang harus disiapkan terlebih dahulu sebelum pelaksanaan survei yakni sebagai berikut.

- 1) Alat tulis, alat penghitung (*counter*)
- 2) Clipboard
- 3) Formulir Survei
- 4) Stopwatch

e. Pelaksanaan Survei

Pada kegiatan survei ini, surveyor ditempatkan di setiap kaki simpang dengan pandangan ke arah persimpangan yang jelas tanpa terhalang dan menghitung kendaraan sesuai dengan klasifikasi yang ada, berdasarkan pergerakan-pergerakan lurus, belok kiri, dan belok kanan. Pada survei ini surveyor mengklasifikasikan jenis kendaraan yang ada dan survei ini dapat diperoleh volume ruas jalan.

3. Data Kecepatan

Pengumpulan data kecepatan kendaraan dilakukan menggunakan metode kecepatan sesaat (*Spot Speed*). Tujuan dari survei ini adalah untuk memperoleh distribusi frekuensi kumulatif kecepatan kendaraan yang akan digunakan sebagai input dalam proses pemodelan menggunakan VISSIM. Alat ukur yang digunakan adalah *speed gun*, yang bekerja dengan cara diarahkan langsung ke

kendaraan yang melintas pada titik pengamatan yang telah ditentukan. Perangkat ini dilengkapi sensor untuk mendeteksi dan mencatat kecepatan kendaraan secara *real-time*. Survei dilakukan pada hari normal, pengukuran dilakukan pada masing-masing pendekatan simpang, khususnya pada saat kondisi lalu lintas lancar (tidak padat) atau *free flow speed*, agar kendaraan dapat melaju tanpa hambatan.

4.3 Metode Analisis Data

Dalam melakukan analisis data penentuan hasil dari optimalisasi Simpang Jembatan Kedungkandang ini dapat dibagi menjadi beberapa hal pokok yakni sebagai berikut:

4.3.1 Analisis Kondisi Eksisting Simpang

Sebelum melakukan rekayasa pada simpang, analisis kinerja eksisting dilakukan untuk mengetahui kinerja simpang sebelum perubahan. Analisis kondisi lalu lintas pada Simpang Tiga Jembatan Kedungkandang dilakukan pada saat jam-jam puncak (*peak hour*), yaitu waktu dengan intensitas lalu lintas tertinggi dalam satu hari. Pemilihan waktu tersebut sangat penting karena merepresentasikan kondisi terpadat dari kinerja simpang, yang menjadi dasar dalam menyusun rekomendasi perbaikan. Dalam analisis ini, perhitungan kinerja simpang dilakukan dengan mengukur derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan. Analisis ini menggunakan metode dari PKJI 2023 dan kemudian dilakukan pemodelan simulasi menggunakan perangkat lunak VISSIM dengan melakukan kalibrasi untuk memastikan akurasi hasil.

4.3.2 Pemodelan Menggunakan VISSIM

Pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM dilakukan untuk memberikan simulasi visual tentang kondisi eksisting pada simpang tidak bersinyal. Proses kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa simulasi yang diberikan sangat mirip atau hampir sama dengan kondisi sebenarnya berdasarkan data primer dan data sekunder yang diperoleh. Selanjutnya, tahap validasi dilakukan uji GEH.

4.3.3 Analisis Plan Simpang

113
31
141

Penentuan jumlah *plan* yang diterapkan pada Simpang Jembatan Kedungkandang dilakukan berdasarkan volume lalu lintas harian atau Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang didapat melalui survei selama 24 jam pada hari kerja dan akhir pekan kemudian dianalisis terkait rasio arus pada tiap pendekat ($R_{q/j}$) serta nilai derajat kejenuhan dari tiap jam dengan menggunakan waktu siklus dan waktu hijau yang didapat berdasarkan hasil analisis. Besar rasio arus pada tiap pendekat dihitung melalui perbandingan antara rasio arus terhadap arus jenuh. Berdasarkan nilai tersebut dapat ditentukan garis mulai dan berakhir dari suatu *plan* dimana untuk garis dimulai suatu *plan* disaat nilai derajat kejenuhan melebihi 0,85. Hasil pembagian tersebut akan dikombinasikan dengan grafik LHR sehingga dapat diidentifikasi jumlah *plan* optimal yang akan diterapkan dalam suatu simpang. Berikut kriteria pembagian plan berdasarkan analisis terkait rasio arus serta derajat kejenuhan tiap pendekat.

1. *Plan 1*

Plan 1 merupakan kondisi dimana peralihan dari kondisi volume lalu lintas yang sangat rendah pada dini hari atau mulai jam tidak sibuk pagi yang ditandai dengan waktu siklus yang didapat dari hasil analisis sudah memenuhi waktu siklus minimum dari perencanaan fase atau terdapat salah satu lengan sudah memenuhi waktu hijau minimum yaitu sebesar 10 detik. *Plan* ini merupakan kondisi dimana diperlukan adanya pengaturan APILL setelah *flashing* pada malam hari. Kondisi ini menjadi acuan dalam penentuan rentang *plan* fase simpang untuk mengalokasikan waktu hijau yang sesuai untuk mendukung kelancaran lalu lintas.

2. *Plan 2*

121
56

Plan 2 diterapkan dimana pada saat jam sibuk pagi atau rasio arus lalu lintas di salah satu lengan mayor memiliki nilai yang dominan dibandingkan dengan lengan lainnya. Awal dimulainya *plan* ini ditandai dengan nilai derajat kejenuhan yang melebihi 0,85 ketika menggunakan waktu siklus yang diterapkan pada *plan 1*, sehingga diperlukan adanya perencanaan waktu siklus baru agar dapat mengakomodir kinerja pada simpang sehingga tidak terjadinya penumpukan antrean.

3. *Plan 3*

Plan 3 diterapkan dimana pada saat jam tidak sibuk atau rasio arus lalu lintas di setiap lengan mulai menyebar lebih merata. Rasio arus pada setiap lengan simpang memiliki perbedaan nilai yang tidak terlalu mencolok, sehingga pada rentang *plan* ini dapat dilakukan penyesuaian terhadap distribusi waktu hijau agar dapat menjaga keseimbangan pelayanan antar lengan. *Plan* ini akan mengakomodasi pergerakan lalu lintas yang mulai stabil tanpa menyebabkan penumpukan antrean pada satu lengan tertentu.

4. *Plan 4*

Plan 4 merupakan jam sibuk siang dimana diterapkan. Awal dimulainya *plan* ini ditandai dengan nilai derajat kejenuhan yang melebihi 0,85 ketika menggunakan waktu siklus yang diterapkan pada *plan 3*, sehingga diperlukan adanya perencanaan waktu siklus baru agar dapat mengakomodir kinerja pada simpang sehingga tidak terjadinya penumpukan antrean.

5. *Plan 5*

Plan 5 diterapkan dimana pada saat jam tidak sibuk atau rasio arus lalu lintas di setiap lengan mulai menyebar lebih merata. Rasio arus pada setiap lengan simpang memiliki perbedaan nilai yang tidak terlalu mencolok, sehingga pada rentang *plan* ini dapat dilakukan penyesuaian terhadap distribusi waktu hijau agar dapat menjaga keseimbangan pelayanan antar lengan. *Plan* ini akan mengakomodasi pergerakan lalu lintas yang mulai stabil tanpa menyebabkan penumpukan antrean pada satu lengan tertentu.

6. *Plan 6*

Plan 6 merupakan kondisi jam sibuk sore dimana dilihat berdasarkan kondisi rasio arus pada salah satu lengan mayor di arah sebaliknya memiliki nilai dominan dibandingkan dengan lengan lainnya yang berlangsung dalam kurun waktu tertentu. Awal dimulainya *plan* ini ditandai dengan nilai derajat kejenuhan yang melebihi 0,85 ketika menggunakan waktu siklus yang diterapkan pada *plan 3*, sehingga diperlukan adanya perencanaan waktu siklus baru agar dapat mengakomodir kinerja pada simpang sehingga tidak terjadinya penumpukan antrean.

7. *Plan 7*

Plan 7 merupakan jam tidak sibuk sore dimana rasio arus lalu lintas di setiap lengan mulai menyebar lebih merata. Rasio arus pada setiap lengan simpang memiliki perbedaan nilai yang tidak terlalu mencolok, sehingga pada rentang *plan* ini dapat dilakukan penyesuaian terhadap distribusi waktu hijau agar dapat menjaga keseimbangan pelayanan antar lengan. *Plan* ini akan mengakomodasi pergerakan lalu lintas yang mulai stabil tanpa menyebabkan penumpukan antrean pada satu lengan tertentu.

8. *Flashing*

Flashing diterapkan dimana kondisi arus lalu lintas secara umum mengalami penurunan. Nilai rasio arus pada tiap pendekat memiliki nilai yang rendah, serta siklus dan distribusi waktu hijau pada pendekat yang didapatkan berdasarkan analisis sesuai dengan fase perencanaan berada di bawah batas minimum. sehingga pada kondisi ini dapat diterapkan *flashing* agar dapat menjaga kenyamanan pengguna jalan dan kelancaran lalu lintas pada saat kondisi lalu lintas yang relatif ringan.

4.3.4 Analisis Waktu Siklus

Penentuan waktu siklus menggunakan metode PKJI 2023. Penentuan waktu siklus yang optimal ditentukan berdasarkan tipe pendekat pada simpang, rasio kendaraan berbelok, arus belok kanan, arus lalu lintas dalam smp/jam, serta lebar efektif. Indikator tersebut kemudian digunakan dalam perhitungan arus jenuh (J). Setelah didapatkan arus jenuh pada tiap pendekat kemudian dihitung terkait rasio arus (Rq/j) dan Rasio fase (Rf). Nilai rasio arus dan rasio fase tersebut digunakan untuk menentukan waktu siklus, serta waktu hijau pada fase tiap pendekat.

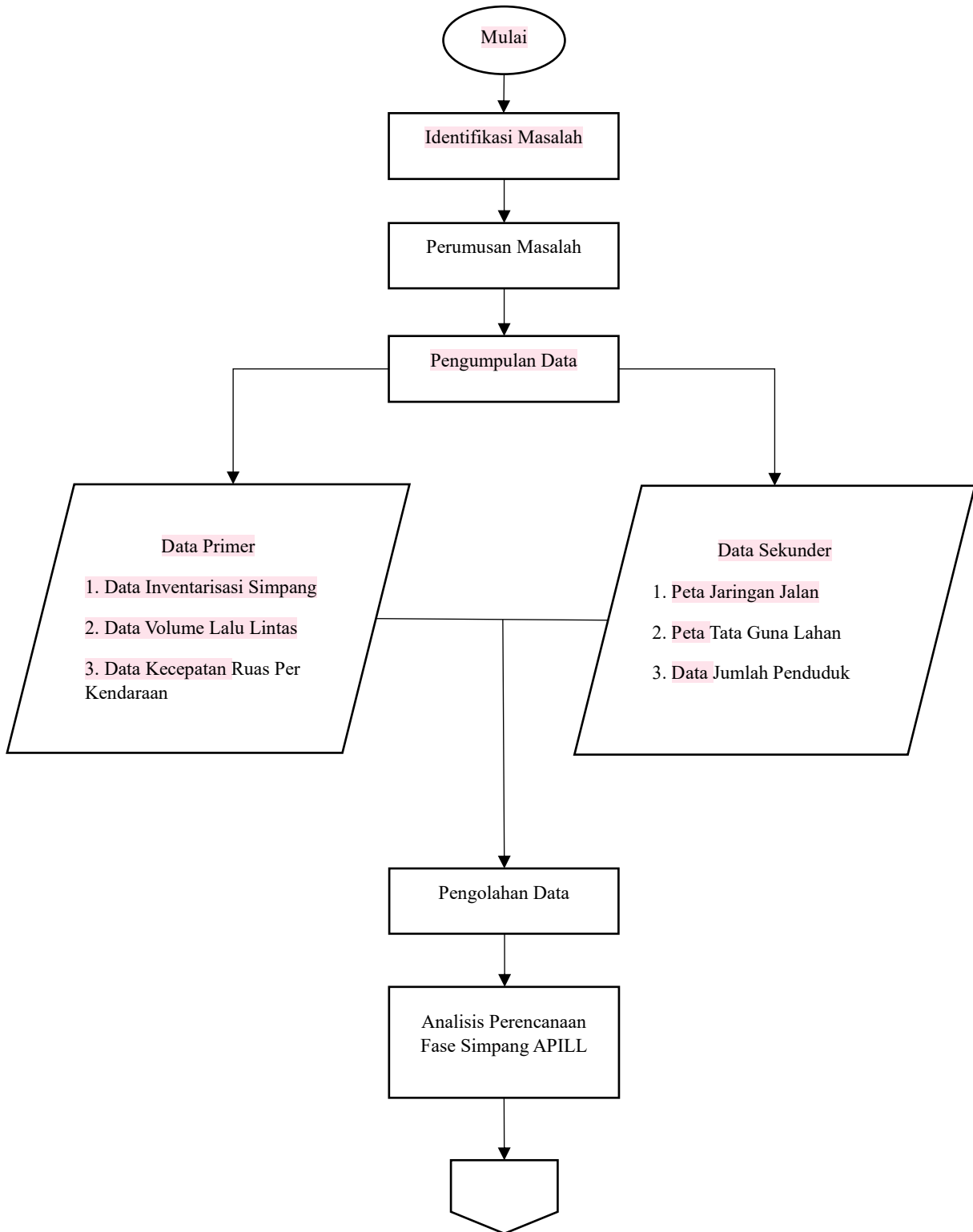
4.3.5 Analisis Kinerja Simpang Tidak Bersinyal Setelah Dilakukan Rekyasa Simpang

Setelah simulasi menggunakan VISSIM berdasarkan kondisi eksisting selesai, maka dilakukan rekayasa simpang tidak bersinyal dengan menggunakan VISSIM. Rekayasa ini melibatkan perubahan Simpang Jembatan Kedungkandang dari tidak bersinyal menjadi APILL untuk mengetahui efektivitas perubahan

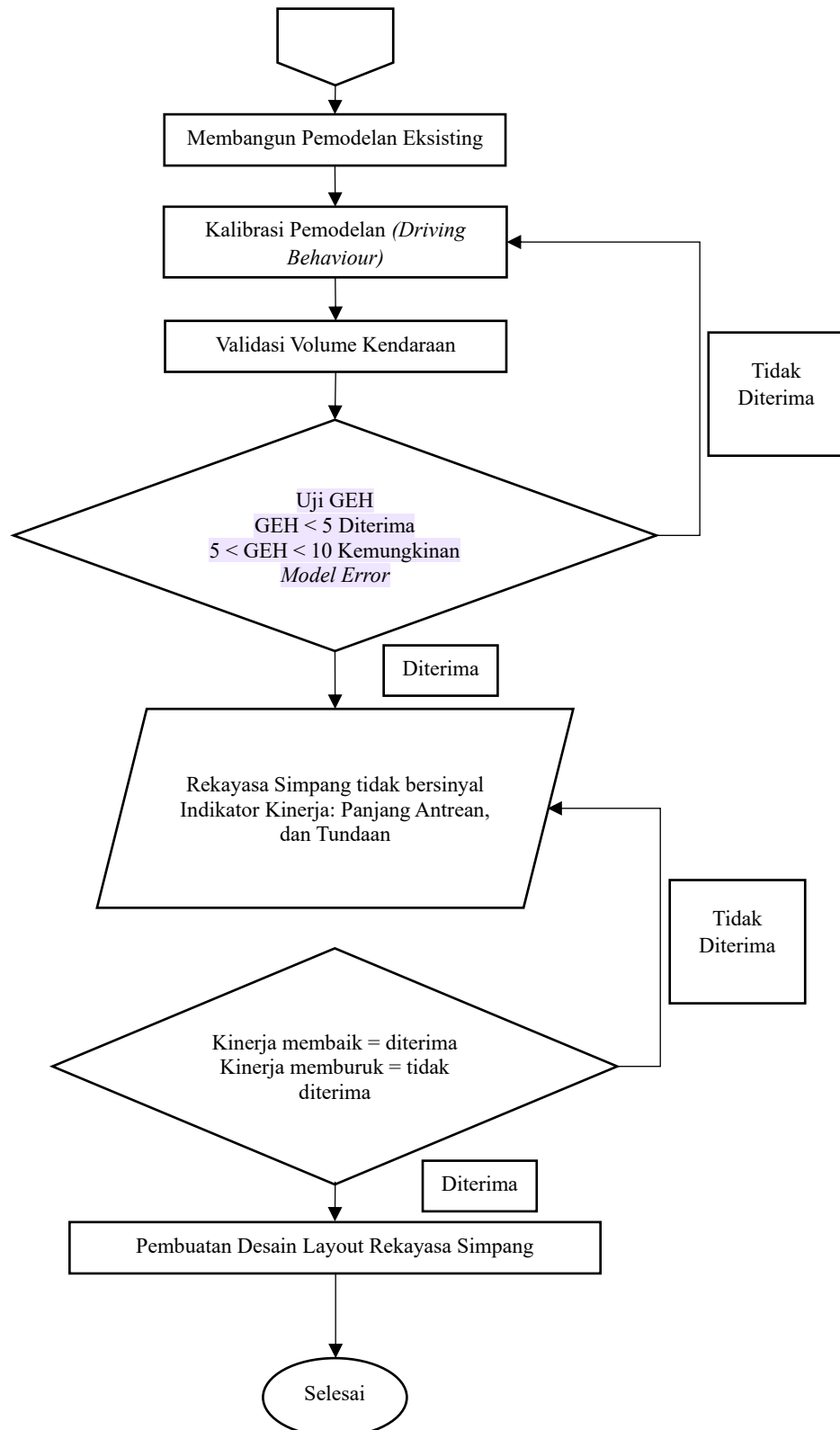
tersebut, terutama dari segi kinerja simpang. Analisis dilakukan untuk membandingkan kinerja sebelum dan setelah rekayasa agar dapat mengetahui dampak perubahan tersebut terhadap kinerja simpang.

4.4 Bagan Alir Penelitian

Berikut merupakan bagan alir penelitian yang dilakukan.



16



Gambar 15. Bagan Alir

Adapun penjabaran dari diagram alir penelitian, sebagai berikut:

1. Mulai

Pada tahap ini penulis memulai penelitian dan ditemukan beberapa permasalahan yang perlu diselesaikan.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini, masalah-masalah yang ditemukan oleh penulis pada wilayah kajian studi. Setelah mendapatkan beberapa masalah yang ada kemudian diambil beberapa permasalahan dan dirumuskan serta dicari penyelesaiannya.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini meliputi pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh berdasarkan pengamatan secara langsung di wilayah kajian studi berupa data inventarisasi simpang, volume lalu lintas, dan data kecepatan per kendaraan pada setiap pendekatan kaki simpang. Sedangkan data sekunder merupakan data yang didapatkan dari instansi atau pihak terkait dengan penelitian ini. Dalam hal data sekunder pada penelitian ini berupa peta tata guna lahan, peta jaringan jalan, dan data jumlah penduduk Kota Malang.

4. Pengolahan Data

Setelah data primer dan data sekunder berhasil didapatkan, selanjutnya melakukan pengolahan data, dalam melakukan analisis, penelitian ini menggunakan metode yang terdapat pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023 yang penggunaannya akan dikombinasikan dengan perangkat lunak VISSIM. PKJI 2023 digunakan baik dalam mencari kondisi eksisting pada simpang maupun untuk perencanaan simpang dan pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM. PKJI digunakan untuk mencari kinerja berupa derajat kejenuhan, peluang antrean, tundaan, dan perencanaan waktu siklus pada simpang. Kemudian VISSIM diperuntukkan dalam pemodelan pada kondisi eksisting dan perencanaan, selain memodelkan arus lalu lintas juga digunakan untuk mencari kinerja dengan indikator panjang antrean dan tundaan pada simpang.

5. Perencanaan Fase Simpang Bersinyal

Setelah didapatkan volume lalu lintas dari survei gerakan membelok yang dilaksanakan selama 24 jam, kemudian akan dirancang *plan* yang nantinya dapat diterapkan selama satu hari penuh, dengan masing-masing *plan* tersebut akan diterapkan pada jam puncak atau *on peak* dan bukan jam puncak atau *off peak*, sehingga kinerja simpang dapat optimal pada jam *peak* maupun *off peak*.

6. Membangun Permodelan Eksisting

Setelah dilakukan analisis kinerja dengan menggunakan PKJI, maka selanjutnya adalah membangun permodelan eksisting dengan VISSIM untuk mendapatkan hasil pemodelan yang valid nantinya. Proses pemodelan dalam VISSIM membutuhkan data-data masukan berupa inventarisasi simpang, kecepatan pada simpang, dan proporsi jenis kendaraan pada simpang yang akan dimodelkan.

a. Pembangunan Jaringan Jalan

Pembangunan jaringan jalan dimulai dengan menggunakan gambar dasar dari aplikasi *google earth* kemudian di *export* ke VISSIM dengan di skala dengan keadaan aslinya. Jaringan jalan berisi yaitu gabungan dari jalan dan konektor pada VISSIM, lebar jalan, radius, jumlah lajur hingga jalur.

b. Data Masukan Kendaraan

Data masukan kendaraan terdiri dari tipe kendaraan, model kendaraan, distribusi model, dan kelas kendaraan. Data ini didasari dari hasil survei yang telah dilakukan sebelumnya pada kondisi eksisting.

1) Tipe Kendaraan

Tipe kendaraan adalah data yang dimasukkan sesuai dengan jenis dan tipe kendaraan di lokasi penelitian.

2) Model Kendaraan

Model kendaraan merupakan bentuk dari kendaraan yang akan ditampilkan, pada model ini menggunakan 3 (tiga) jenis kendaraan, yaitu sepeda motor, mobil, dan truk besar.

3) Distribusi Model

Distribusi model merupakan data lanjutan dari tipe kendaraan yang akan ditampilkan pada model.

4) Kelas Kendaraan

Kelas kendaraan merupakan data lanjutan dari tipe kendaraan yang akan ditampilkan pada model

5) Data Kecepatan

Data kecepatan atau *Desire Speed Distribution* yang diperoleh setelah mengolah data hasil survei kecepatan titik atau *spot speed*.

6) Memasukkan Kendaraan

Jumlah kendaraan yang akan lewat pada suatu ruas jalan dimasukkan pada *vehicle inputs*.

c. Pengaturan Komposisi Kendaraan

Setelah memasukkan jumlah kendaraan pada *vehicle input*, kemudian dilakukan pembagian komposisi kendaraan yang lewat baik dari segi jenis kendaraanya maupun dari arah rute yang akan dilalui pada kendaraan tersebut. Rute kendaraan dapat ditambahkan pada *vehicle routing* atau rute kendaraan pada VISSIM.

d. Pengaturan Perilaku Mengemudi atau *Driving Behaviour*

Pengaturan perilaku pengemudi diatur menyesuaikan dengan karakteristik pengguna jalan yang ada pada sekitar simpang kajian yang kemudian diatur dalam link. Pada tahap pembangunan model yang pertama, seluruh pengaturan perilaku mengemudi diatur secara default dengan model pembuntutan kendaraan (*following*) yang sesuai dengan karakteristik jalan perkotaan (Model pembuntutan kendaraan *Wiedemann 74*), perubahan besaran parameter-parameter perilaku mengemudi akan dilakukan pada tahapan kalibrasi agar hasil simulasi dapat merepresentasikan kondisi sesungguhnya di lapangan.

e. Pengaturan Proses Running dan Keluaran Simulasi

Untuk proses *running* VISSIM diperlukan pengaturan terlebih dahulu untuk menyesuaikan volume yang keluar pada pemodelan. Dalam penelitian ini dibutuhkan pengaturan pengukuran waktu disesuaikan selama 3600 detik atau 1 jam. Pengaturan periode waktu di simulasi diatur sebanyak 4200 detik dengan perhitungan dimulai pada detik ke 600 atau 10 menit setelah simulasi

dimulai. Hal ini diperlukan karena dengan waktu 10 menit tersebut keadaan lalu lintas telah dialiri arus lalu lintas di semua segmen.

7. Kalibrasi Permodelan (*Driving Behavior*)

Setelah membangun permodelan eksisting pada VISSIM, langkah selanjutnya adalah melakukan kalibrasi dengan mengatur driving behavior untuk melakukan validasi dengan kondisi eksisting

8. Validasi Volume Kendaraan

Setelah dilakukan kalibrasi pada model yang dibuat, maka langkah selanjutnya adalah melakukan validasi pada model yang dibuat pada indikator Volume Kendaraan dengan menggunakan Uji GEH.

9. Uji GEH

Pada Langkah Validasi Volume Kendaraan menggunakan Uji GEH, dimana jika hasil validasi < 5 maka Model yang dibangun dianggap Valid, apabila hasil validasi $5 < GEH < 10$ maka kemungkinan terjadinya *Error* dan jika $GEH > 10$ maka model dianggap tidak valid atau tidak diterima. Pada tahap ini apabila hasil validasi tidak diterima maka Kembali ke Langkah sebelumnya yaitu melakukan kalibrasi permodelan dengan mengatur ulang *driving behavior*, namun apabila hasilnya diterima maka Model dianggap valid dan dapat melanjutkan ke tahap rekayasa.

10. Rekayasa Simpang Tidak Bersinyal dengan Rekomendasi Rekayasa

Setelah diterimanya model yang valid maka langkah selanjutnya adalah melakukan rekayasa simpang tak bersinyal menjadi bersinyal dengan rekomendasi, kemudian memperoleh waktu siklus dari perhitungan menggunakan PKJI 2023 dan pada VISSIM diperoleh panjang antrian dan tundaan.

11. Uji Hasil Manajemen Rekayasa Lalu Lintas Pada Simpang

Kinerja pada jam kritis dianalisis berdasarkan masing-masing pendekatan. Pengujian dilakukan dengan mencari selisih nilai indikator berupa panjang antrean dan tundaan antara kondisi eksisting dan kondisi hasil rekayasa. Setelah mendapatkan hasil rekomendasi, kemudian dicari nilai selisih dengan hasil kinerja eksisting yang sudah di *running* pada VISSIM. Dengan cara mengurangi

hasil rekomendasi dengan eksisting, jika didapatkan nilai positif (+) maka kinerja memburuk, sedangkan nilai negatif (-) maka kinerja membaik. Apabila terjadi penurunan panjang antrean dan tundaan pada pendekatan lengan mayor sebagai fokus utama dalam penanganan, maka dapat dikatakan bahwa rekayasa lalu lintas yang diterapkan berhasil.

12. Pembuatan Desain Layout Simpang

Setelah diterapkannya sistem APILL pada simpang, maka diperlukan adanya penambahan baik itu rambu dan marka sebagai fasilitas pendukung pada simpang kajian. Lalu digambarkan menggunakan AutoCAD sebagai *software* bantu dalam pembuatan desain rekayasa pada simpang.

13. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini yaitu berisi kesimpulan mengenai penelitian ini serta memberikan saran yang tepat terhadap langkah apa yang akan diambil oleh pihak terkait dalam hal penanganan lokasi studi.

4.5 Timeline Kegiatan

Berikut merupakan tabel rencana kegiatan penelitian dan penyusunan KKW dari awal sampai akhir.

Tabel 4. 1 Timeline Kegiatan

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

Sumber: Dokumentasi Pribadi)

49

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengumpulan Data

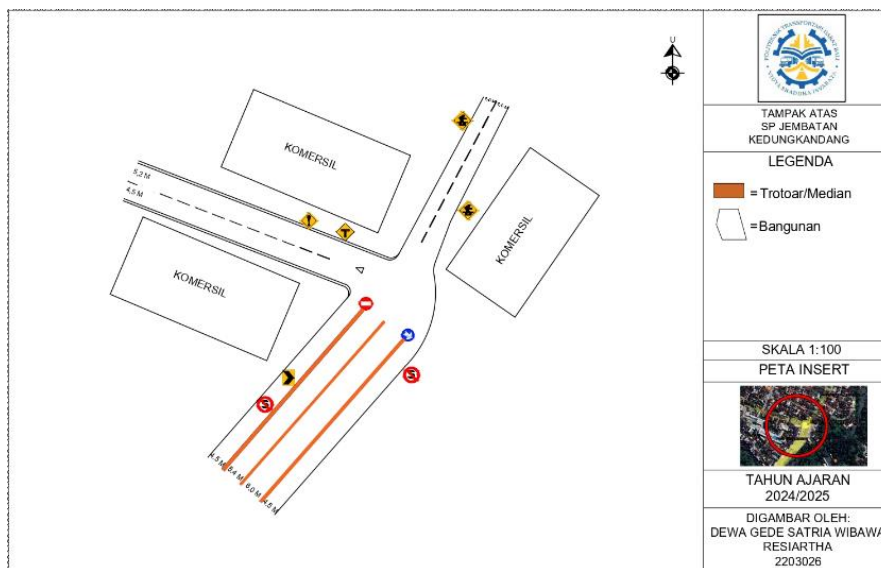
Dalam rangka menganalisis kinerja Simpang Jembatan Kedungkandang, diperlukan pengumpulan baik data primer maupun data sekunder yang relevan untuk mendukung kajian ini secara menyeluruh. Data yang dihimpun meliputi inventarisasi simpang yang mencakup kondisi geometrik dan perlengkapan jalan, data volume kendaraan yang melintas pada simpang untuk mengetahui tingkat kepadatan arus, serta data kecepatan pada setiap pendekat simpang. Keseluruhan data ini menjadi dasar penting dalam mengevaluasi kinerja pada simpang, sehingga dapat diidentifikasi permasalahan yang terjadi dan dirumuskan rekomendasi perbaikan yang tepat guna meningkatkan efisiensi dan keselamatan lalu lintas di simpang tersebut.

5.1.1 Data Inventarisasi Simpang

Data inventarisasi simpang dibutuhkan sebagai dasar dalam menghitung kapasitas simpang, menganalisis hambatan samping, serta memperoleh informasi mengenai karakteristik geometrik simpang. Berikut ini disajikan data hasil inventarisasi pada Simpang Jembatan Kedungkandang.

147

5



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 16. Layout Tampak Atas Simpang Jembatan Kedungkandang

Simpang Jembatan Kedungkandang merupakan simpang tidak bersinyal yang menghubungkan ruas Jalan Mayjen Sungkono dan Jalan Muharto. Pada simpang ini pada pendekatan utara dan selatan yaitu Jalan Ki Ageng Gribig yaitu Jalan Mayjen Sungkono merupakan jalan mayor, sedangkan Jalan Muharto merupakan jalan minor. Lebar median pada Jalan Mayjen Sungkono adalah 0,6 meter. Lebar pendekatan pada jalan minor adalah sebesar 5,2 meter, sedangkan lebar pendekatan efektif pada jalan mayor yaitu Jalan Mayjen Sungkono sebesar 5,4 meter dan Jalan Ki Ageng Gribig sebesar 4 meter. Dengan tipe simpang 322 M. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.1 Inventarisasi Pendekat Simpang, sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Inventarisasi Pendekat Simpang

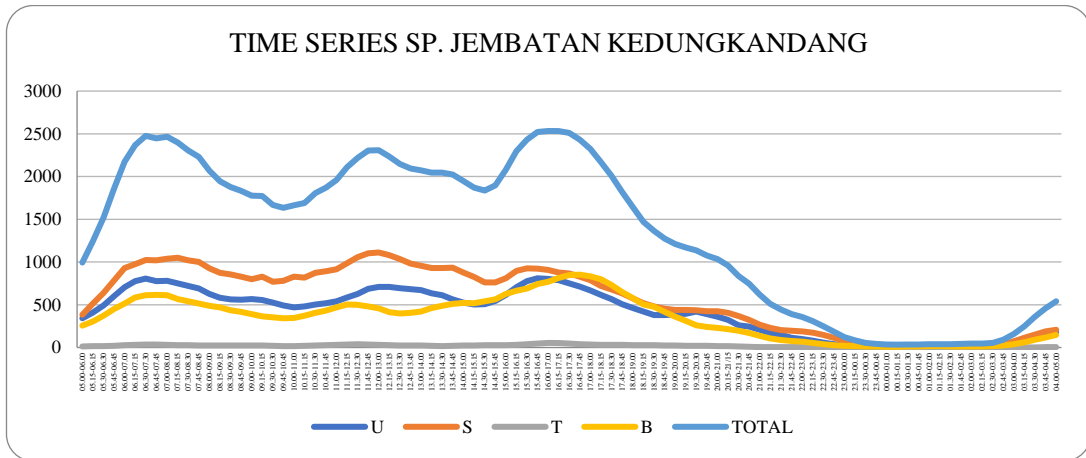
Nama Jalan	Jalan Mayjen Sungkono	Jalan Ki Ageng Gribig	Jalan Muharto	Akses Jembatan
Fungsi Jalan	Arteri Sekunder	Arteri Sekunder	Arteri Sekunder	Lingkungan
Tipe Jalan	4/2 T	2/2 TT	2/2 TT	1/1 TT
Lebar Lajur Masuk	5,4 m	4 m	5,2 m	4,5 m
Lebar Lajur Keluar	6 m	4 m	4,5 m	-
Lebar Lajur Total	11,4 m	7,9 m	9,7 m	4,5 m
Lebar Median	0,6 m	-	-	-

(Sumber: Hasil Analisis)

5.1.2 Data Volume Simpang

Data volume simpang didapatkan dari hasil survei gerakan membelok terklasifikasi yang dilaksanakan selama 24 jam. Survei gerakan membelok ini dilaksanakan dari pukul 05.00 sampai dengan 05.00 WIB di hari berikutnya. Data volume simpang ini akan digunakan untuk mencari kinerja pada simpang. Selain digunakan untuk mencari kinerja pada simpang. Selain digunakan untuk mencari kinerja simpang, data volume ini juga akan digunakan untuk menentukan rekomendasi yang sesuai dengan kondisi eksisting simpang. Data survei volume lalu lintas simpang selama 24 jam, dapat dilihat pada Lampiran 1.

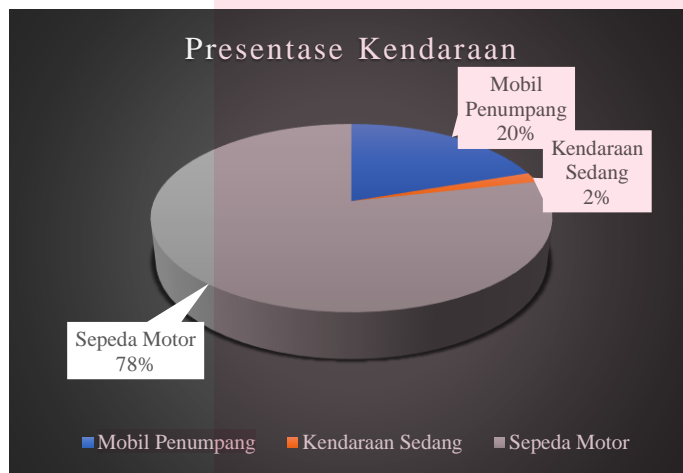
Dari hasil survei gerakan membelok terklasifikasi selama 24 jam, didapatkan *time series* volume pada Simpang Jembatan Kedungkandang yang nantinya akan digunakan sebagai dasar evaluasi dan penentuan rekomendasi penanganan dari permasalahan yang terjadi pada simpang tersebut secara tepat.



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 17. Fluktuasi Volume Lalu Lintas Selama 24 Jam

Dari data di atas didapatkan bahwa jam puncak pada Simpang Jembatan Kedungkandang adalah pada sore hari yaitu pada pukul 16.15-17.15 WIB. Karakteristik lalu lintas pada jam tersebut ramai dikarenakan adanya masyarakat yang pulang dari kegiatan bekerja dan pulang sekolah. Dari data volume simpang selama 24 jam, didapatkan proporsi kendaraan yang melintas didominasi oleh sepeda motor dengan presentase 79%, mobil penumpang sebesar 20%, dan kendaraan sedang sebesar 2%. Untuk klasifikasi mobil penumpang sendiri terdiri dari jenis mobil sedan, minibus, pick up, dan truk kecil. Sedangkan klasifikasi kendaraan sedang terdiri dari bus sedang, truk sedang, bus besar, truk besar, dan truk gandeng/tempelan.



(Sumber: Hasil Analisi)

Gambar 18. Presentase Kendaraan

5.1.3 Data Kecepatan Titik

Data kecepatan titik merupakan data yang menunjukkan kecepatan kendaraan tertentu pada suatu titik pada pendekatan simpang. Data kecepatan titik didapatkan dari hasil survei kecepatan titik ruas atau *spot speed* pada tiap kaki simpang. Sampel yang dipakai untuk survei ini dibedakan berdasarkan klasifikasinya, yaitu sepeda motor, mobil penumpang, dan kendaraan sedang. Penentuan jumlah sampel pada survei kecepatan titik dilakukan dengan menggunakan rumus *Slovin* sebagai berikut:

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

Keterangan:

- n : Sampel
- N : Populasi
- Ne : Nilai *error*

Data kecepatan ini digunakan sebagai data masukkan pada perangkat lunak VISSIM. Dari hasil analisis jam puncak, didapatkan pada jam puncak sore memiliki volume lalu lintas paling tinggi, sehingga volume lalu lintas pada jam puncak sore akan digunakan untuk mencari jumlah sampel dalam survei kecepatan titik menggunakan rumus *Slovin*. Berikut merupakan perhitungan pada pendekatan Utara:

1. Sepeda Motor

Sepeda motor pada jam puncak sore berjumlah 1.308 kend/jam yang dalam hal ini menjadi populasi dari sepeda motor. Berikut merupakan perhitungan sampelnya:

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

$$n = \frac{1308}{(1 + 1308(0,1)^2)}$$

$$n = 93$$

Jadi jumlah sampel yang akan digunakan untuk sepeda motor berjumlah 93 sampel kendaraan.

2. Mobil Penumpang

Mobil penumpang pada jam puncak sore berjumlah 452 kend/jam yang dalam hal ini menjadi populasi dari mobil penumpang. Berikut ini merupakan perhitungan sampelnya:

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

$$n = \frac{452}{(1 + 452(0,1)^2)}$$

$$n = 82$$

Jadi jumlah sampel yang akan digunakan untuk mobil penumpang berjumlah 82 sampel kendaraan.

3. Kendaraan Sedang

Kendaraan sedang pada jam puncak sore berjumlah 41 kend/jam yang dalam hal ini menjadi populasi dari kendaraan sedang. Berikut merupakan perhitungan sampelnya:

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

$$n = \frac{41}{(1 + 41(0,1)^2)}$$

$$n = 29$$

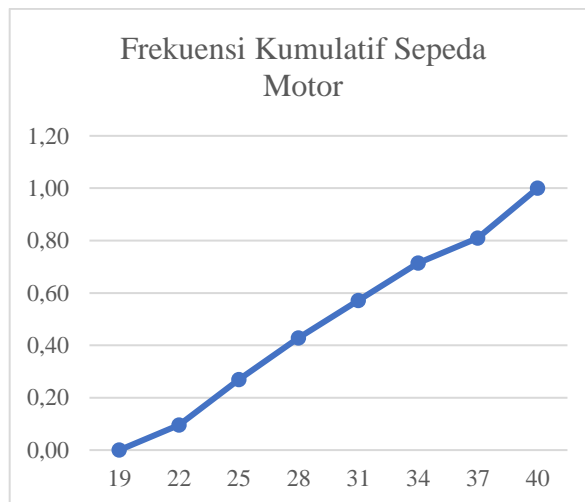
Jadi jumlah sampel yang akan digunakan untuk kendaraan sedang berjumlah 29 sampel kendaraan. Berikut merupakan hasil survei kecepatan titik pada tiap-tiap pendekatan:

a. Pendekat Utara

Tabel 5. 2 Frekuensi Kumulatif Pendekat Utara

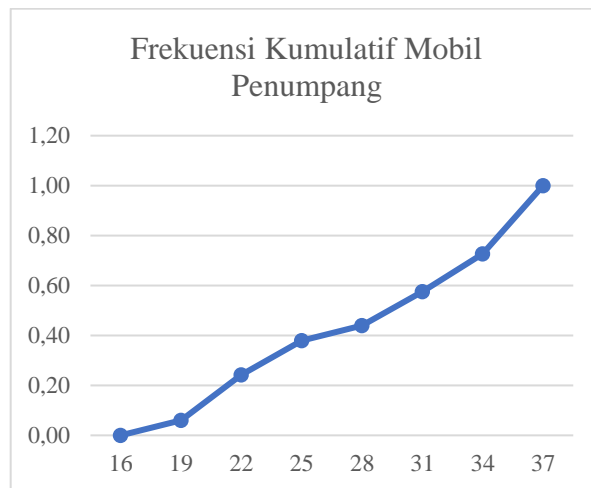
Range SM	Kumulatif frekuensi SM	Range MP	Kumulatif frekuensi MP	Range KS	Kumulatif frekuensi KS
19	0.00	16	0.00	16	0.00
22	0.10	19	0.06	19	0.13
25	0.27	22	0.24	22	0.57
28	0.43	25	0.38	25	0.74
31	0.57	28	0.44	28	1.00
34	0.71	31	0.58		
37	0.81	34	0.73		
40	1.00	37	1.00		

(Sumber: Hasil Analisis)



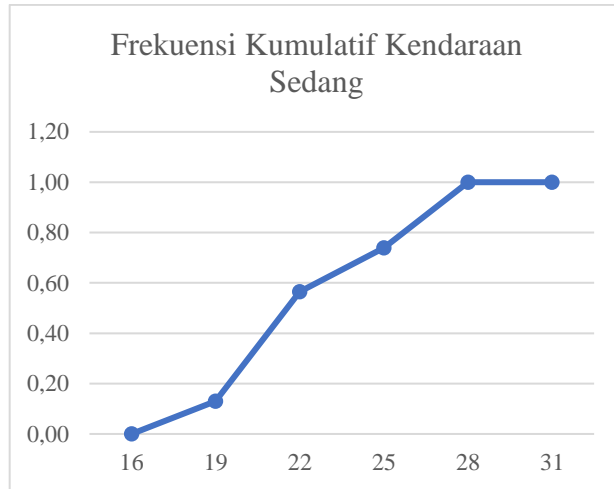
(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 19. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Utara



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 20. Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang Pendekat Utara



(Sumber: Hasil Analisis)

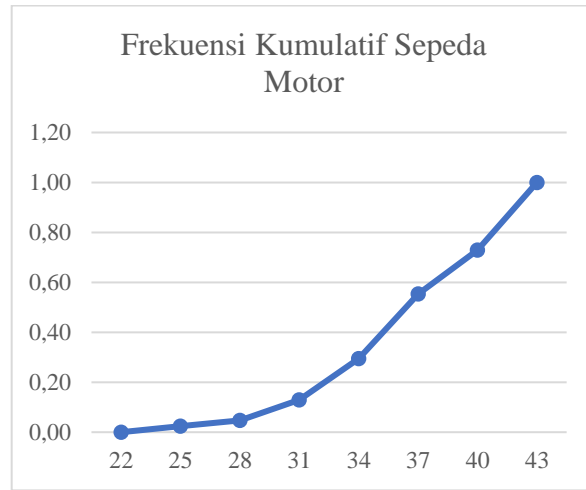
Gambar 21. Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang Pendekat Utara

b. Pendekat Selatan

Tabel 5. 3 Frekuensi Kumulatif Pendekat Selatan

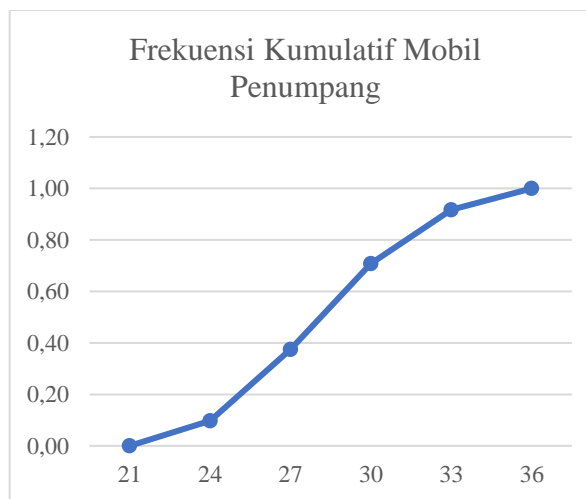
Range SM	Kumulatif frekuensi SM	Range MP	Kumulatif frekuensi MP	Range KS	Kumulatif frekuensi KS
22	0.00	21	0.00	17	0.00
25	0.02	24	0.10	20	0.21
28	0.05	27	0.38	23	0.71
31	0.13	30	0.71	26	0.86
34	0.29	33	0.92	29	1.00
37	0.55	36	1.00		
40	0.73				
43	1.00				

(Sumber: Hasil Analisis)



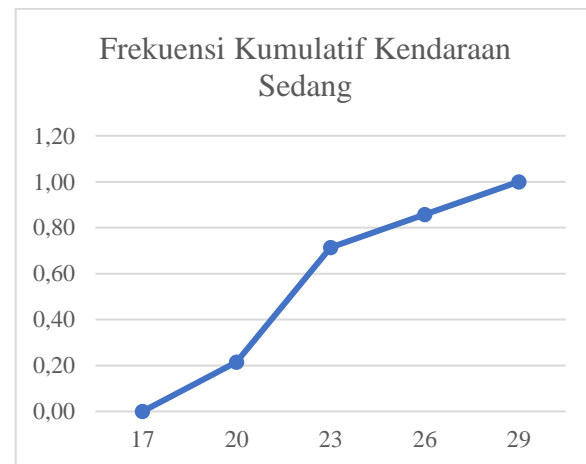
(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 22. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Selatan



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 23. Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang Pendekat Selatan



(Sumber: Hasil Analisis)

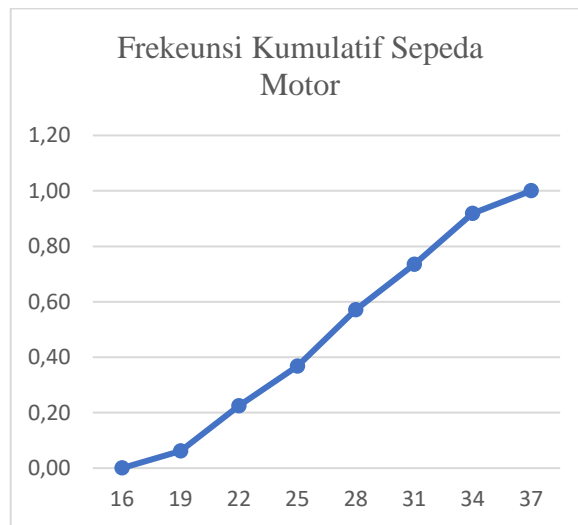
Gambar 24. Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang Pendekat Selatan

c. Pendekat Barat Daya

Tabel 5. 4 Frekuensi Kumulatif Pendekat Barat Daya

Range SM	Kumulatif frekuensi SM
16	0.00
19	0.06
22	0.22
25	0.37
28	0.57
31	0.73
34	0.92
37	1.00

(Sumber: Hasil Analisis)



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 25. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Barat Daya

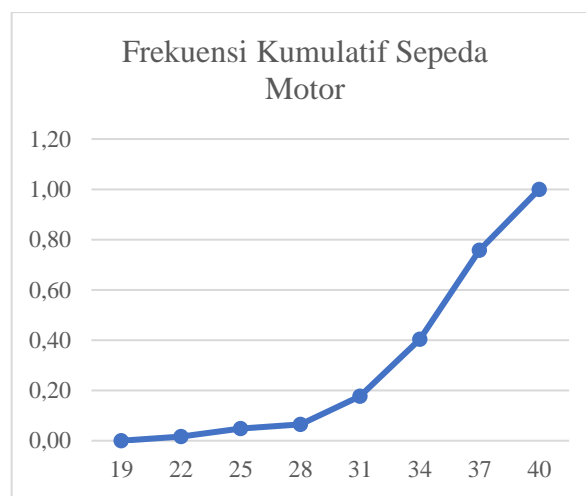
d. Pendekat Barat

Tabel 5. 5 Frekuensi Kumulatif Pendekat Barat

Range SM	Kumulatif frekuensi SM	Range MP	Kumulatif frekuensi MP	Range KS	Kumulatif frekuensi KS
19	0.00	16	0.00	15	0.00

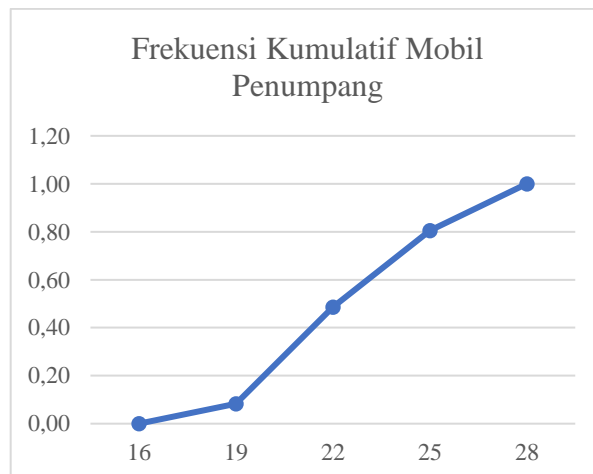
22	0.02	19	0.08	18	0.08
25	0.05	22	0.49	21	0.46
28	0.06	25	0.81	24	0.77
31	0.18	28	1.00	27	1.00
34	0.40				
37	0.76				
40	1.00				

(Sumber: Hasil Analisis)



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 26. Frekuensi Kumulatif Sepeda Motor Pendekat Barat



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 27. Frekuensi Kumulatif Mobil Penumpang Pendekat Barat



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 28. Frekuensi Kumulatif Kendaraan Sedang Pendekat Barat

5.1.4 Kinerja Eksisting

Dari data-data yang telah didapatkan akan digunakan untuk mencari kinerja eksisting pada Simpang Jembatan Kedungkandang. Perhitungan kinerja akan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Berikut merupakan perhitungan kinerja eksisting pada simpang tersebut:

1. Kapasitas Jam Puncak

Dalam mencari kapasitas simpang tidak bersinyal, hal yang dilakukan pertama kali adalah mencari nilai-nilai indikator pada simpang yang disesuaikan dengan kondisi eksisting pada simpang yang dikaji.

a. Analisis Indikator Geometrik Simpang

Kota Malang di tahun 2024 menurut data (Badan Pusat Statistik, 2024) mencapai 889.359 ribu jiwa, sehingga faktor koreksi ukuran kotanya (F_{UK}) adalah 0,94. Jenis hambatan samping pada lokasi penelitian bertipe komersil dengan hambatan samping sedang, sehingga faktor hambatan samping (F_{HS}) bernilai 0,94. Dengan tipe 322 M, sehingga kapasitas dasar (C_0) untuk simpang ini adalah 2700 smp/jam.

Simpang Jembatan Kedungkandang merupakan simpang tiga tidak bersinyal dengan tipe 322 M, dengan lebar pendekat jalan minor yaitu pada Jalan Muharto sebesar 5,2 meter, sedangkan untuk jalan mayor

yaitu Jalan Mayjen Sungkono sebesar 5,4 meter dan Jalan Ki Ageng Gribig 4 meter. Sehingga untuk Lebar Rata-Rata Pendekat (L_{RP}) yaitu 4,725. Jalan Mayjen Sungkono yang merupakan jalan mayor, dengan lebar median sebesar 0,6 meter, sehingga untuk faktor koreksi median pada jalan mayor (F_M) berdasarkan **Tabel 3. 2** Faktor Koreksi Median Padan Jalan Mayor bernilai 1,05.

b. Faktor Koreksi Lebar Pendekat (F_{LP})

Berdasarkan Lebar Rata-Rata Pendekat (L_{RP}) yang didapatkan dengan mencari rata-rata antara lebar pendekat mayor dan minor, kemudian didapatkan sebesar 4,725 meter dan dengan tipe 322 M, sehingga penentuan faktor koreksi lebar pendekat untuk simpang ini yaitu:

$$F_{LP} = 0,73 + 0,0760 L_{RP}$$

$$F_{LP} = 0,73 + 0,0760 \times (4,725)$$

$$F_{LP} = 1,0891$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai untuk faktor lebar pendekat pada Simpang Jembatan Kedungkandang sebesar 1,0891.

c. Faktor Koreksi Arus Belok Kiri (F_{bKi})

Arus Belok Kiri pada simpang untuk jam puncak sore sebesar 0,35019 kend/jam. Sehingga dapat dicari dengan persamaan:

$$F_{bKi} = 0,84 + 1,61 R_{bKi}$$

$$F_{bKi} = 0,84 + 1,61 \times 0,35019$$

$$F_{bKi} = 1,4038$$

Faktor koreksi arus belok kiri (F_{bKi}) untuk jam puncak pagi dan siang dicari dengan menggunakan persamaan yang sama. Arus belok kiri pada jam puncak pagi sebesar 0,348 kend/jam, sehingga faktor koreksi arus belok kiri (F_{bKi}) untuk jam puncak pagi bernilai 1,401. sedangkan pada jam puncak siang, arus belok kiri sebesar 0,283 kend/jam, sehingga faktor koreksi arus belok kiri (F_{bKi}) untuk jam puncak siang bernilai 1,295

d. Faktor Koreksi Arus Belok Kanan (F_{bKa})

Faktor koreksi arus belok kanan untuk tipe simpang 3, dengan rasio belok kanan sebesar 0,35749 kend/jam dapat dicari dengan persamaan:

$$F_{bKa} = 1,0 - 0,922 \times R_{bka}$$

$$F_{bKa} = 1,0 - 0,922 \times 0,35749$$

$$F_{bKa} = 0,760$$

Faktor koreksi arus belok kanan (F_{bKa}) untuk jam puncak pagi dan siang dicari dengan menggunakan persamaan yang sama. Arus belok kanan pada jam puncak pagi sebesar 0,298 kend/jam, sehingga faktor koreksi arus belok kanan (F_{bKa}) untuk jam puncak pagi bernilai 0,814. sedangkan pada jam puncak siang, arus belok kanan sebesar 0,284 kend/jam, sehingga faktor koreksi arus belok kanan (F_{bKa}) untuk jam puncak siang bernilai 0,828.

e. Faktor Koreksi Arus Jalan Minor (F_{mi})

Perhitungan yang digunakan untuk menghitung koreksi arus jalan minor pada tipe simpang 322 M dengan rasio jalan minor (R_{mi}) pada jam puncak sore sebesar 0,445861 kend/jam yang dapat dilihat pada Tabel 3. 5 Faktor Koreksi Arus Jalan Minor. Sehingga persamaan yang digunakan untuk mencari faktor koreksi arus jalan minor adalah:

$$F_{mi} = 16,6 \times R_{mi}^4 - 33,3 \times R_{mi}^3 + 25,3 \times R_{mi}^2 - 8,6 \times R_{mi} + 1,95$$

$$F_{mi} = 16,6 \times (0,44)^4 - 33,3 \times (0,44)^3 + 25,3 \times (0,44)^2 - 8,6 \times 0,44 + 1,95$$

$$F_{mi} = 0,8959$$

Faktor koreksi arus jalan minor (F_{mi}) untuk jam puncak pagi dan siang dicari dengan menggunakan persamaan yang sama. Arus belok kiri pada jam puncak pagi sebesar 0,310 kend/jam, sehingga faktor koreksi arus jalan minor (F_{mi}) untuk jam puncak pagi bernilai 0,935. sedangkan pada jam puncak siang, arus belok kiri sebesar 0,326 kend/jam, sehingga faktor koreksi arus jalan minor (F_{mi}) untuk jam puncak siang bernilai 0,928.

1 Dari indikator-indikator di atas, dapat ditentukan kapasitas simpang pada jam puncak pagi, siang, dan sore. Berikut merupakan perhitungan kapasitas Simpang Jembatan Kedungkandang pada jam puncak sore:

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{bKi} \times F_{bKa} \times F_{mi}$$

$$C = 2700 \times 1,0929 \times 1,05 \times 0,94 \times 0,95 \times 1,4038 \times 0,760 \times 0,895$$

$$C = 2646,249 \text{ smp/jam}$$

5
10
47 Kapasitas untuk jam puncak pagi dan jam puncak siang dapat dicari menggunakan persamaan yang sama di atas dan disesuaikan dengan indikator pada masing-masing jam puncak. Sehingga kapasitas untuk jam puncak pagi yaitu 2952,188 smp/jam, sedangkan kapasitas untuk jam puncak siang yaitu 2755,722 smp/jam.

2. Kinerja Jam Puncak

127 Kinerja simpang dicari untuk mengetahui kondisi simpang atau tingkat layanan pada simpang tersebut. Kinerja suatu simpang ditentukan dari beberapa indikator, diantaranya derajat kejenuhan (D_j) yang persamaannya dapat dilihat pada persamaan (3.5). Peluang Antrian (P_a) yang dapat dilihat pada persamaan (3.13) dan persamaan (3.14). Tundaan (T) dibagi menjadi 2 (dua) yaitu tundaan lalu lintas dan tundaan geometrik simpang yang persamaannya dapat dilihat pada persamaan (3.9) untuk simpang dengan derajat kejenuhan lebih dai 0,6 dan persamaan (3.11) untuk simpang dengan derajat kejenuhan kurang dari 1 (satu). Berikut merupakan proses perhitungan kinerja Simpang Jembatan Kedungkandang:

5 a. Derajat Kejenuhan (D_j)

Berikut merupakan perhitungan derajat kejenuhan pada jam puncak sore:

$$D_j = \frac{q}{C}$$

$$D_j = \frac{2518,8}{2646,249}$$

$$D_j = 0,9518$$

b. Peluang Antrian (P_a)

Berikut merupakan perhitungan peluang antrian pada jam puncak sore:

- a) Peluang Antrian Batas Atas P_a

$$P_a = 47,71Dj - 24,68Dj^2 + 56,47Dj^3$$

$$P_a = 47,71(0,9518) - 24,68(0,9518)^2 + 56,47(0,9518)^3$$

$$P_a = 71,74972$$

- b) Peluang Antrian Batas Bawah

$$P_a = 9,02Dj - 20,66Dj^2 + 10,49Dj^3$$

$$P_a = 9,02(0,9518) - 20,66(0,9518)^2 + 10,49(0,9518)^3$$

$$P_a = 36,3496$$

- c. Tundaan (T)

Berikut merupakan perhitungan tundaan pada jam puncak sore:

- a) Tundaan Lalu Lintas T_{LL}

$$T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042Dj)} - (1 - Dj)^2$$

$$T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042(0,9518))} - (1 - 0,9518)^2$$

$$T_{LL} = 9,810175$$

- b) Tundaan Lalu Lintas Mayor

$$T_{LLma} = \frac{1,0503}{(0,3460 - 0,2460Dj)} - (1 - Dj)^2$$

$$T_{LLma} = \frac{1,0503}{(0,3460 - 0,2460(0,9518))} - (1 - 0,9518)^2$$

$$T_{LLma} = 7,3386$$

- c) Tundaan Lalu Lintas Minor

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

$$T_{LLmi} = \frac{2518,8 \times 9,810175 \times 1666,6 \times 7,3386}{852}$$

$$T_{LLmi} = 14,6435$$

- d) Tundaan Geometrik

$$T_G = (1 - Dj) \times (6R_B + 3(1 - R_B) + 4Dj)$$

$$T_G = (1 - 0,9518) \times (6 \times 0,70768 + 3(1 - 0,70768) + 4 \times 0,9518)$$

$$T_G = 4,888$$

e) Tundaan Simpang Rata-Rata

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

$$T = 9,810175 + 4,888$$

$$T = 14,6989$$

Berikut merupakan hasil perhitungan kinerja eksisting pada jam puncak pagi, siang, dan sore:

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Kinerja Simpang Tidak Bersinyal

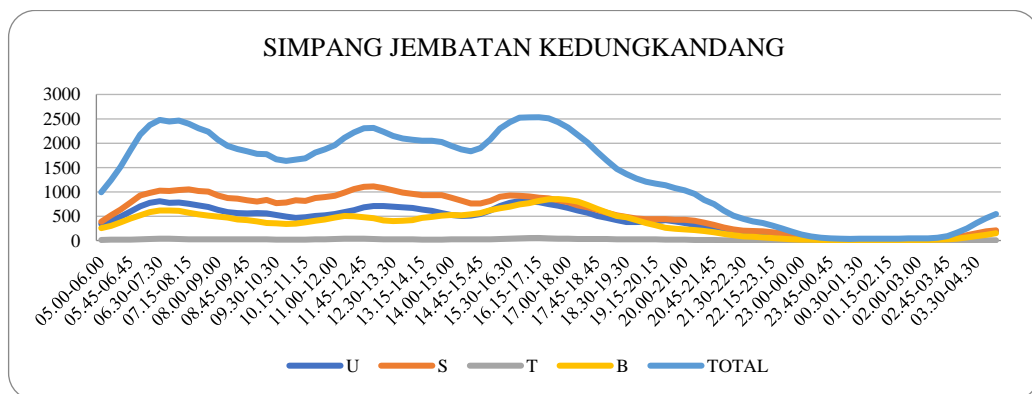
Jam Puncak	Volume (smp/jam)	Dj	T=TLL+Tg	Pa atas (meter)	Pa bawah (meter)
Pagi	2477	0,86	13,90	56,04	28,32
Siang	2590	0,94	14,97	69,95	35,45
Sore	2518	0,95	14,64	71,74	36,34

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari hasil analisis kinerja kondisi eksisting, dapat dilihat bahwa pada sore hari merupakan jam puncak dengan kinerja terburuk dengan indikator derajat kejenuhan tertinggi yaitu 0,95, peluang antrean sebesar 71,74 meter dan dengan tundaan simpang sebesar 14,97 det/smp. Dari hasil tersebut diputuskan pada Simpang Jembatan Kedungkandang akan dilaksanakan perencanaan simpang tidak bersinyal untuk meningkatkan kinerja persimpangan.

5.2 Perencanaan Fase Simpang Bersinyal

Berikut merupakan volume hasil survei gerakan membelok selama 24 jam yang dilaksanakan di Simpang Jembatan Kedungkandang:



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 29. Time Series Simpang Jembatan Kedungkandang

Berdasarkan data volume dan analisis kinerja yang telah dilakukan, maka didapatkan *time series* volume lalu lintas selama 24 jam. Dari hasil *time series* ini didapatkan 3 (tiga) jam puncak yaitu jam puncak pagi pada pukul 06.30-07.30 WIB, jam puncak siang pada pukul 12.00-13.00 WIB, dan jam puncak sore pukul 16.15-17.15 WIB.

Masing-masing dari jam puncak ini akan dihitung terkait kinerja dan perencanaan penentuan siklus simpang tidak bersinyal. Setiap jam puncak akan memiliki siklus yang berbeda, hal tersebut bertujuan untuk tetap mempertahankan atau mengoptimalkan kinerja simpang pada masing-masing jam puncak. Perencanaan fase dibagi berdasarkan dari pola pergerakan volume lalu lintas pada tiap pendekat. Pergerakan harian pada masing-masing pendekat simpang dipengaruhi oleh jam puncak, misalnya untuk pergerakan di jam puncak pagi akan berbeda dari pergerakan di jam puncak siang.

5.3 Analisis Data Perencanaan Simpang Bersinyal

5.3.1 Perencanaan Tipe Pengendalian Simpang

Perencanaan tipe pengendalian simpang menurut grafik *Australian Road Research Board* dilihat berdasarkan lalu lintas harian rata-rata (LHR) dimana apabila arus minor lebih dari 10.000 kend/hari dan kurang dari 12.000 kend/hari sedangkan arus mayor kurang dari 45.000 kend/hari maka diperlukan tipe pengendalian berupa bundaran atau APILL. Berdasarkan hasil analisis maka didapatkan data LHR pada Simpang Jembatan Kedungkandang adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 7 Tabel Arus Kendaraan

Arus	
Mayor	Minor
30.957 kend/hari	27.165 kend/hari

(Sumber: Hasil Analisis)

Menurut PKJI 2023, terdapat ukuran baku yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan berbagai tipe bundaran berdasarkan konfigurasi geometrik dan

6 kapasitas lalu lintas yang diharapkan. Ukuran baku ini mencakup beberapa parameter penting seperti jari-jari bundaran, jumlah lajur masuk, lebar lajur masuk, panjang jalinan, serta lebar jalinan. Parameter-parameter tersebut harus disesuaikan dengan karakteristik dan volume lalu lintas yang ada, sehingga dapat menjamin kelancaran pergerakan kendaraan serta meminimalkan potensi konflik di area bundaran.

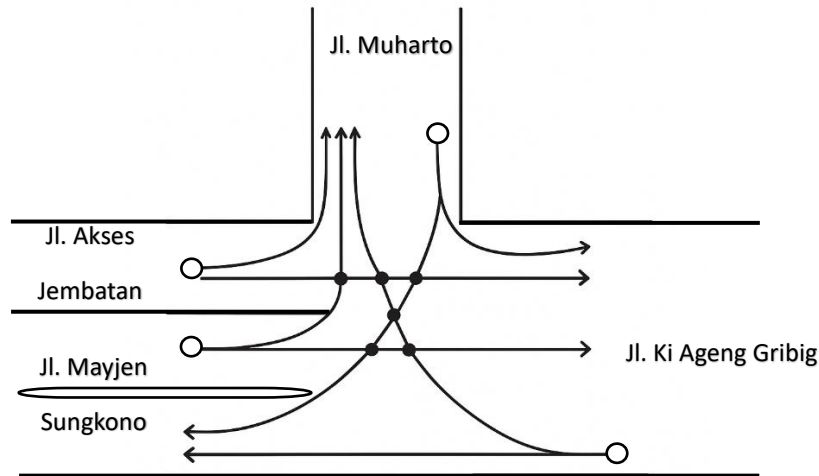
2 Namun, dalam konteks perencanaan di Simpang Jembatan Kedungkandang, penerapan bundaran tidak dapat dilakukan karena kondisi geometrik simpang tidak mencukupi untuk memenuhi persyaratan tipe bundaran yang tercantum dalam **Tabel 3.12**. Keterbatasan ruang fisik, terutama pada akses pendekat dan ruang jalinan antar-lajur, menjadikan pembangunan bundaran tidak layak secara teknis maupun operasional. Sebagai contoh, bundaran dengan jari-jari 10 meter dan hanya memiliki satu lajur masuk umumnya memiliki lebar lajur masuk 3,5 meter, panjang jalinan 23 meter, dan lebar jalinan 7 meter. Oleh karena itu, perencanaan bentuk simpang harus mempertimbangkan alternatif lain yang lebih sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan.

1 Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) untuk arus mayor mencapai 30.957 kendaraan per hari, sedangkan arus minor sebesar 27.164 kendaraan per hari. Mengacu pada nilai LHR tersebut, bentuk pengendalian yang sesuai untuk menangani potensi konflik di Simpang Jembatan Kedungkandang adalah simpang sebidang. Oleh karena itu, penerapan sistem pengaturan dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) menjadi salah satu alternatif yang patut dipertimbangkan guna mengurangi titik konflik serta meningkatkan efisiensi dan kinerja lalu lintas di simpang tersebut.

5.3.2 Konflik Simpang

2 Pada Simpang Jembatan Kedungkandang terdapat empat lengan pendekat, yaitu arah barat (Jalan Muharto), arah utara (Jalan Ki Ageng Gribig), arah selatan (Jalan Mayjen Sungkono), serta arah barat daya (akses dari bawah jembatan). Sebelum penerapan APILL, pergerakan kendaraan dari keempat arah tersebut belum diatur secara sistematis, sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 30**.

Kondisi ini menyebabkan terjadinya potensi konflik yang cukup tinggi, terutama pada titik-titik pertemuan antar-arus lalu lintas yang bergerak secara bersamaan. Berikut titik-titik konflik primer dan sekunder yang terjadi di simpang ini sebelum diterapkannya sistem APILL.



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 30. Titik Konflik Simpang

Berdasarkan Gambar 30. Terdapat titik konflik yang terjadi pada simpang yang terdiri dari:

1. Konflik Primer 6 Titik *Crossing* dengan Simbol (●)

Konflik primer merupakan konflik yang paling berbahaya karena terjadi akibat perpotongan arus lalu lintas yang bergerak dari arah yang saling bersilangan atau berlawanan. Pada Simpang Jembatan Kedungkandang, terdapat enam titik crossing yang termasuk dalam kategori konflik primer. Titik-titik ini muncul ketika kendaraan dari dua arah yang berbeda melaju secara bersamaan dan saling memotong jalur di area tengah simpang.

2. Konflik Sekunder 4 Titik *Diverging* dengan Simbol (○)

Konflik *diverging* terjadi ketika kendaraan dari satu arah memisahkan diri menjadi dua jalur tujuan yang berbeda, seperti kendaraan yang hendak belok kanan atau kiri dari satu jalur utama. Pada simpang ini, terdapat empat titik diverging.

3. Konflik Sekunder 3 Titik *Merging* dengan Simbol (→)

Konflik *merging* terjadi ketika dua arus kendaraan dari arah yang berbeda bergabung menjadi satu jalur yang sama. Di Simpang Jembatan Kedungkandang, terdapat tiga titik merging. Titik ini berpotensi menyebabkan antrian atau perlambatan karena kendaraan dari dua arah harus saling menyesuaikan untuk masuk ke jalur yang sama.

5.3.3 Penentuan Fase Simpang

Pemilihan tipe fase yang digunakan pada suatu simpang ditentukan oleh besarnya arus belok kanan. Apabila arusnya melebihi 200 smp/jam, maka perlu dilakukannya pemisahan fase untuk menghindari konflik. Berikut merupakan rekapitulasi arus belok kanan tiap pendekat di jam puncak pada Simpang Jembatan Kedungkandang.

Tabel 5. 8 Arus Belok Tiap Pendekat

Pendekat	Belok Kanan
Barat	422 smp/jam
Utara	240 smp/jam
Barat Daya	0
Selatan	0

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil identifikasi titik konflik pada Gambar 30, diketahui bahwa Simpang Jembatan Kedungkandang memiliki total enam titik konflik primer (crossing) dan tujuh titik konflik sekunder yang terdiri dari empat diverging dan tiga merging. Banyaknya titik konflik ini mencerminkan tingginya potensi persinggungan antar-arus kendaraan, khususnya pada pergerakan belok kanan dan arus lurus dari arah berlawanan. Salah satu konflik paling krusial terjadi antara kendaraan yang belok kanan dari pendekat barat (Jalan Muharto) dan kendaraan yang bergerak lurus dari pendekat selatan (Jalan Mayjen Sungkono), yang merupakan bagian dari konflik primer.

Berdasarkan **Tabel 5.8.** yang menunjukkan total arus belok kanan, pengaturan empat fase menjadi opsi paling optimal untuk diterapkan di simpang ini. Hal tersebut didukung oleh tingginya volume kendaraan yang melakukan belok kanan dari pendekat barat, yaitu sebesar 422 smp/jam. Volume tersebut tergolong tinggi dan jika dipaksakan untuk dilayani dalam skema dua atau tiga fase, maka

pergerakan belok kanan harus berbagi waktu dengan arus lurus dari arah berlawanan, sehingga meningkatkan potensi konflik langsung di tengah simpang. Dengan konfigurasi dua atau tiga fase, konflik tersebut tidak dapat dieliminasi secara efektif karena tidak ada pemisahan waktu yang cukup bagi masing-masing arus kritis. Sebaliknya, dengan penerapan empat fase, setiap pergerakan utama termasuk belok kanan dapat dilayani secara terlindungi (*protected phase*), sehingga tidak bersinggungan langsung dengan arus yang berpotensi konflik. Skema ini memungkinkan pemisahan waktu untuk arus dari barat yang belok kanan tanpa harus berbagi dengan arus lurus dari selatan. Ditambah dengan penggunaan skema *early cut off*, distribusi waktu hijau dapat dioptimalkan sesuai kebutuhan fase, terutama untuk menghindari penumpukan antrean pada lengan pendekat dengan volume tinggi. Dengan demikian, pengaturan empat fase dengan *early cut off* bukan hanya didasarkan pada volume lalu lintas semata, tetapi juga sebagai respons langsung terhadap pola konflik yang teridentifikasi, demi menciptakan pengendalian lalu lintas yang aman, efisien, dan adaptif terhadap kondisi simpang.

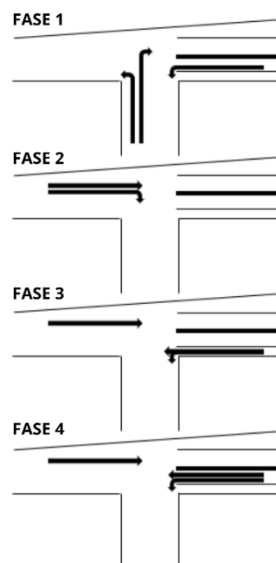
Setelah diterapkannya pengaturan empat fase, jumlah titik konflik berkurang secara signifikan, khususnya konflik primer yang berkaitan dengan perpotongan arus. Namun demikian, masih terdapat jenis konflik yang tidak dapat dieliminasi sepenuhnya, yaitu konflik *diverging* sejumlah empat titik, yang terjadi di setiap pendekat. Konflik ini muncul ketika kendaraan berpencar ke jalur yang berbeda, seperti pada pergerakan belok kiri atau keluar dari simpang ke arah yang berbeda. Jika dua fase terjadi empat titik konflik *diverging*, dua titik konflik *merging*, dan tiga titik konflik *crossing*. Jika tiga fase terjadi empat titik konflik *diverging*, satu titik konflik *merging*, dan satu titik konflik *crossing*.

Selanjutnya, dalam penentuan skema pengaturan sinyal di simpang ini, salah satu pendekatan teknis yang juga dipertimbangkan adalah *split phasing*, khususnya pada lengan utara dan selatan, berdasarkan karakteristik volume arus serta kondisi geometrik simpang. Pada lengan utara, hasil analisis menunjukkan bahwa arus kendaraan yang bergerak lurus menuju lengan selatan tercatat lebih dominan dibandingkan dengan arus belok kanan menuju lengan barat. Ditambah dengan konfigurasi geometri yang memadai, *split phasing* menjadi solusi logis

karena memungkinkan pergerakan lurus dari utara dilayani secara efisien tanpa terganggu oleh pergerakan belok kanan, yang dapat diberikan fase secara terpisah untuk menghindari konflik.

Sementara itu, pada lengan selatan, pergerakan yang paling dominan adalah belok kiri menuju lengan timur, bukan arus lurus. Namun, meskipun volume belok kiri cukup tinggi, pergerakan ini tidak diberlakukan sebagai "belok kiri jalan terus" karena berisiko menimbulkan konflik dengan arus dari lengan barat daya, yang memiliki arah satu jalur dan mendapat giliran fase tersendiri. Jika belok kiri dari lengan selatan dibiarkan terus-menerus tanpa pengaturan, maka akan terjadi konflik silang dengan kendaraan dari barat daya yang masuk ke simpang secara bersamaan, dan hal ini akan memperburuk keselamatan serta menurunkan kinerja simpang.

Dengan mempertimbangkan pola pergerakan yang kompleks dan volume arus yang bervariasi di setiap lengan, penerapan *split phasing* dalam skema empat fase yang telah dirancang merupakan strategi yang tidak hanya menyoar efisiensi waktu siklus dan distribusi hijau, tetapi juga fokus pada eliminasi konflik antar-arus. Strategi ini sejalan dengan tujuan rekayasa lalu lintas di simpang tersebut, yaitu menciptakan sistem pengendalian yang adaptif terhadap kondisi aktual lapangan serta mampu menurunkan risiko kecelakaan dan kemacetan secara signifikan.



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 31. Tipe Fase Rekomendasi

139 Berdasarkan **Gambar 31**. Tipe Fase Rekomendasi, dapat dijelaskan bahwa simpang Jembatan Kedungkandang terdiri dari empat lengan pendekat, yaitu lengan barat (Jalan Muharto), lengan selatan (Jalan Mayjen Sungkono), lengan utara (Jalan Ki Ageng Gribig), dan lengan barat daya yang merupakan akses dari bawah jembatan. Keempat lengan ini diatur dalam skema empat fase untuk mengoptimalkan pengendalian lalu lintas dan meminimalkan konflik antar arus. Terdapat pemberian kode untuk pembagian arah pelepasan kendaraan di setiap lengan simpang yaitu Utara dibagi menjadi dua Utara 1 (belok kanan) dan Utara 2 (lurus), Selatan dibagi menjadi dua Selatan 1 (lurus) dan Selatan 2 (belok kiri), berikut merupakan penjelasan di setiap fasenya:

- 119 1. Pada fase pertama, arus lalu lintas yang dilayani berasal dari lengan barat dan lengan selatan, khususnya untuk pergerakan belok kiri. Fase ini diberi kode Selatan 2 dan bertujuan memberikan ruang gerak bebas bagi kendaraan belok kiri tanpa terganggu oleh pergerakan arus lain yang berpotensi menimbulkan konflik.
2. Selanjutnya, fase kedua melayani pergerakan dari lengan utara, yang mengakomodasi kendaraan baik yang bergerak lurus maupun belok kanan.
3. Pada fase ketiga, arus yang dilayani adalah kendaraan dari lengan barat daya (akses bawah jembatan) dan lengan utara, dengan fokus pada pergerakan lurus dari utara diberi kode Utara 2.
4. Terakhir, fase keempat kembali melayani kendaraan dari lengan selatan dan utara lurus (Utara 2). Dengan pembagian fase seperti ini, konflik antar arus dapat diminimalkan dan kapasitas simpang dapat dimaksimalkan sesuai karakteristik geometri dan volume kendaraan dari masing-masing pendekat.

5.3.4 Pemodelan VISSIM

Pemodelan Simpang Jembatan Kedungkandang dengan perangkat lunak VISSIM dilakukan untuk menggambarkan kondisi eksisting dari simpang kajian. Dalam pemodelan akan dilakukan tahap kalibrasi dan validasi sebelum nantinya model eksisting yang telah valid diterapkan manajemen rekayasa lalu lintas.

1. Kalibrasi VISSIM

Kalibrasi bertujuan untuk menyesuaikan kondisi model semirip mungkin dengan kondisi di lapangan. Kalibrasi model mikro dilakukan dengan metode *trial and error* pada *driving behaviour*. Berikut ini merupakan parameter yang disesuaikan pada proses kalibrasi *driving behaviour*.

Tabel 5. 9 Driving Behaviour Simpang Jembatan Kedungkandang

Parameter	Nilai				
	Trial 1	Tial 2	Trial 3	Tial 4	Tial 5
<i>Average standstill distance</i>	2,00	1,50	1,00	0,80	0,60
<i>Additive part of safety distance</i>	2,00	1,50	1,00	0,80	0,60
<i>Multiplic. Part of safety distance</i>	3,00	1,50	1,00	0,80	0,60
<i>Desired position at free flow</i>	<i>Middlle of lane</i>	<i>Any</i>	<i>Any</i>	<i>Any</i>	<i>Any</i>
<i>Overtake left</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>
<i>Overtake right</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>
<i>Distance Standing at 0 km/h</i>	1,00	0,70	0,60	0,50	0,50
<i>Distance Driving at 50 km/h</i>	1,00	0,70	0,60	0,50	0,50

(Sumber: Hasil Analisis)

Kalibrasi pada Vissim dilakukan dengan mengubah parameter driving behavior tersebut agar nantinya driving behavior yang ada pada model sesuai dengan kondisi di lapangan. Nilai perilaku disesuaikan sesuai dengan perkiraan kondisi di lapangan. Proses trial and error terhadap parameter driving behavior dilakukan secara berulang hingga diperoleh volume lalu lintas dalam model yang mendekati volume aktual di kondisi eksisting. Validasi dilakukan menggunakan uji GEH untuk memastikan tingkat kesesuaian antara volume hasil simulasi dan volume di lapangan.

a. *Average Standsill Distance*

Menunjukkan jarak rata-rata antara kendaraan yang berhenti dalam barisan, Dapat juga diartikan indikator kerapatan lalu lintas saat kendaraan berhenti atau jarak rata-rata antar kendaraan saat berhenti total, misalnya saat antre di lampu merah. Nilai default bernilai 2 meter tetapi dalam penelitian ini nilai diubah menjadi 0,60 meter. Berdasarkan pengamatan di kondisi lapangan menunjukkan kendaraan terutama sepeda motor dan mobil sering berhenti sangat rapat, bahkan kurang dari 1 meter. Nilai 0,60 meter

mencerminkan jarak aktual antar kendaraan dalam antrean padat di simpang bersinyal. Terlihat juga adanya kendaraan roda dua menyelip dan berhenti di antara mobil. Nilai ini memungkinkan simulasi antrean yang lebih padat dan realistis, sesuai dengan kondisi non-lane-based. Jika menggunakan nilai default 2 meter, antrean kendaraan dalam simulasi akan terlihat terlalu panjang dibandingkan kondisi nyata. Dengan 0,60 meter, hasil simulasi seperti panjang antrean menjadi lebih akurat dan sesuai dengan data lapangan.

66 b. *Additive part of safety distance*

Komponen tambahan dalam perhitungan jarak aman antar kendaraan. Nilai ini ditambahkan secara konstan untuk memastikan jarak minimal dalam berbagai kondisi. Nilai default bernilai 2 meter tetapi dalam penelitian ini nilai diubah menjadi 0,60 meter. Berdasarkan pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa pengemudi sering menjaga jarak yang pendek. Nilai 0,60 meter lebih mencerminkan perilaku pengemudi dalam kondisi perkotaan yang padat. Kondisi lalu lintas yang padat dimana banyak kendaraan roda dua menyelip dan menjaga jarak sangat dekat dengan kendaraan lain juga punya pengaruh. Nilai ini juga memungkinkan simulasi interaksi antar kendaraan yang lebih rapat dan realistis. Penggunaan nilai default 2 meter sering menghasilkan jarak antar kendaraan yang terlalu longgar, sehingga antrean terlihat lebih panjang dari kenyataan. Nilai 0,60 dipilih karena menghasilkan kondisi lebih sesuai dengan data lapangan.

91 c. *Multiplic. Part of safety distance*

Nilai yang digunakan dalam perhitungan jarak aman atau parameter penentu jarak aman. Nilai default bernilai 3 meter tetapi dalam penelitian ini nilai diubah menjadi 0,60 meter. Berdasar pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa pengemudi sering menjaga jarak yang lebih pendek saat berkendara. Nilai 0,60 lebih mencerminkan perilaku pengemudi cenderung agresif dan terbiasa dengan lalu lintas padat. Terlihat juga adanya kendaraan roda dua menyelip di antara mobil, sehingga jarak antar kendaraan menjadi lebih rapat. Nilai ini memungkinkan simulasi interaksi antar kendaraan yang lebih

realistis, terutama dalam kondisi non-lane-based. Penggunaan nilai *default* 3 sering menghasilkan jarak antar kendaraan yang terlalu longgar, sehingga antrean dan kapasitas jalur dalam simulasi menjadi tidak akurat. Nilai 0,60 menghasilkan keluaran yang lebih sesuai dengan data lapangan.

d. *Desired position at free flow*

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

e. *Overtake left*

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

f. *Overtake right*

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

g. *Distance Standing at 0 km/h*

Jarak antar kendaraan ketika berhenti total (kecepatan 0 km/jam). Nilai *default* bernilai 1 meter tetapi dalam penelitian ini nilai diubah menjadi 0,50 meter. Kondisi di lapangan menunjukkan bahwa kendaraan terutama sepeda

motor dan mobil sering berhenti sangat rapat, bahkan kurang dari 1 meter. Nilai 0,50 meter mencerminkan jarak antar *bumper* kendaraan saat berhenti di simpang padat. Lalu lintas di perkotaan khususnya di Kota Malang, banyak kendaraan roda dua menyelinap dan berhenti di antara mobil. Nilai 0,50 ini memungkinkan simulasi antrean yang lebih padat dan realistis, sesuai dengan kondisi lalu lintas. Adapun jika nilai *default* 1 meter digunakan, antrean kendaraan bisa terlihat terlalu panjang dibandingkan kondisi nyata. Dengan 0,50 meter, hasil simulasi seperti panjang antrean dan waktu tunggu menjadi lebih akurat.

61 h. *Distance Driving at 50 km/h*

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

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

2. Validasi VISSIM

Setelah penyesuaian dari *driving behaviour* dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi. Validasi akan menggunakan volume kendaraan hasil simulasi selama satu jam yang akan diuji dengan volume hasil observasi

denga metode uji *Geoffrey E. Havers* (GEH) seperti pada persamaan (3.38). Volume lalu lintas pada model dikatakan valid apabila nilai $GEH < 5$, dan apabila $5 < GEH < 10$ artinya kemungkinan model mengalami error, sedangkan apabila nilai $GEH > 10$ artinya model ditolak dan perlu dilakukan kalibrasi ulang. Berikut ini merupakan hasil dari uji GEH pada pemodelan perangkat lunak VISSIM dengan nilai indikator validasi yang sebelumnya sudah dirubah dengan metode *trial and error*.

Tabel 5. 10 Validasi Volume VISSIM Jam Puncak Sore

Kondisi	Uji GEH				Keterangan
	Barat	Selatan	Barat Daya	Utara	
<i>Trial 1</i>	61.61	10.83	0.50	29.90	Ditolak
<i>Trial 2</i>	26.00	14.91	0.50	24.77	Ditolak
<i>Trial 3</i>	10.45	8.86	0.50	18.73	Ditolak
<i>Trial 4</i>	10.56	7.53	0.50	13.00	Ditolak
<i>Trial 5</i>	0.64	0.12	0.50	2.85	Diterima

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari hasil uji validasi di atas, ditunjukkan untuk pemodelan pada jam puncak telah valid pada *Trial 1* atau kondisi pada model telah mendekati dari kondisi eksisting di lapangan. Itu artinya nilai kalibrasi dari *driving behaviour* pada **Tabel 5.9** *Driving Behaviour* Jembatan Kedungkandang telah sesuai, kemudian dapat dilanjutkan pada tahap berikutnya yaitu melakukan manajemen rekayasa lalu lintas pada pemodelan VISSIM eksisting.

3. Analisis Kinerja Eksisting

Analisis kinerja dilakukan dengan menggunakan indikator panjang antrian dan tundaan pada perangkat lunak VISSIM. *Running* VISSIM dilakukan sebanyak 5 (lima) kali, dengan waktu selama 4.200 detik atau 1 jam 10 menit. 10 menit pertama tidak dilakukan perhitungan dimana bertujuan untuk menormalkan arus lalu lintas dan memastikan untuk setiap *link* sudah teraliri volume kendaraan. Berikut merupakan hasil kinerja eksisting pada masing-masing jam puncak.

b. Kondisi Eksisting Jam Puncak Sore

31

Berikut merupakan hasil perhitungan kinerja dari kondisi eksisting jam puncak pagi menggunakan perangkat lunak VISSIM.

Tabel 5. 11 Kinerja Eksisting Jam Puncak Sore Pada VISSIM

Time Interval	Pendekat	Peluang Antrian	Tundaan
600-4200	Jl. Muharto Kiri - Jl. Mayjen Sungkono Kanan (Kanan)	219,13	16,17
600-4200	Jl. Muharto Kiri - Jl. Mayjen Sungkono Akses (Kanan)	220,74	45,76
600-4200	Jl. Muharto Kiri - Jl. Ki Ageng Gribig Kanan (Kiri)	202,52	10,42
600-4200	Jl. Ki Ageng Gribig Kiri - Jl. Mayjen Sungkono Kanan (Lurus)	341,83	60,60
600-4200	Jl. Ki Ageng Gribig Kiri - Jl. Mayjen Sungkono Akses Kanan (Lurus)	341,83	61,03
600-4200	Jl. Ki Ageng Gribig Kiri - Jl. Muharto Kanan (Kanan)	369,88	70,90
600-4200	Jl. Mayjen Sungkono Kiri - Jl. Muharto Kanan (Kiri)	217,86	10,43
600-4200	Jl. Mayjen Sungkono Kiri - Jl. Ki Ageng Gribig Kanan (Lurus)	251,88	97,70
600-4200	Jl. Mayjen Sungkono Akses Kiri - Jl. Muharto Kanan (Kiri)	-	1,29
600-4200	Jl. Mayjen Sungkono Akses Kiri - Jl. Ki Ageng Gribig Kanan (Lurus)	9,56	81,14
600-4200	1: Sp Ms	378,28	35,40

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari tabel di atas, dapat dilihat untuk pendekat dari Utara menuju ke Barat yaitu Jl. Ki Ageng Gribig menuju Jl. Muharto memiliki peluang antrian tertinggi yaitu 368,88 m dan dengan tundaan selama 70,90 detik yang artinya masuk dalam kriteria kinerja F atau dengan tingkat tundaan yang buruk. Berdasarkan **Tabel 5. 5** Rekapitulasi Kinerja Simpang Tidak Bersinyal, dapat dijelaskan bahwa perhitungan berdasarkan PKJI 2023 menggunakan pendekatan makroskopik, yaitu menganalisis kinerja lalu lintas secara umum berdasarkan parameter rata-rata, seperti volume, kapasitas, dan derajat kejenuhan. Pendekatan ini tidak mempertimbangkan perilaku kendaraan secara individu, sehingga menghasilkan peluang antrean dan tundaan yang lebih rendah.

Sebaliknya, simulasi menggunakan VISSIM bersifat mikroskopik, di mana setiap kendaraan dimodelkan secara individual dan interaksinya

dengan kendaraan lain, pejalan kaki, maupun sinyal lalu lintas diperhitungkan secara detail. Pendekatan ini memungkinkan representasi kondisi lalu lintas yang lebih realistis, termasuk potensi konflik, perlambatan. Akibat perbedaan pendekatan ini, hasil perhitungan menggunakan PKJI 2023 cenderung menghasilkan nilai panjang antrian dan tundaan yang lebih rendah dibandingkan hasil simulasi mikroskopik menggunakan VISSIM, yang justru menunjukkan antrian lebih panjang dan tundaan lebih tinggi karena memperhitungkan dinamika lalu lintas secara nyata.

5.3.5 Penentuan Nilai Arus Jenuh Dasar

Perhitungan nilai arus jenuh diasari oleh nilai arus jenuh dasar, dimana untuk tipe terlindung digunakan nilai 600 sebagai faktor pengali, dan untuk tipe terlawan ditentukan berdasarkan grafik.

1. Panjang Antrian PKJI 2023

a. Arus Jenuh Dasar

Dalam penentuan arus jenuh dasar simpang bersinyal diperlukan faktor-faktor koreksi pada kondisi eksisting simpang. Dikarenakan tipe simpang pada rekomendasi merupakan tipe terlindung dengan tambahan *early cut off* pada pendekat Utara dan Selatan, maka untuk mencari arus jenuh dasar (J_0) dengan mengkalikan lebar pendekat efektif tiap pendekat dengan 600.

Tabel 5. 12 Tabel Arus Jenuh Dasar

Pendekat	Lebar	J_0
Barat	5,2 m	3.120
Utara	5 m	3.000
Barat Daya	4,5 m	2.700
Selatan	5,4 m	3.240

(Sumber: Hasil Analisis)

Untuk faktor ukuran kota (FUK) dengan jumlah penduduk 889.359 jiwa, berarti untuk nilai indikator bernilai 0,94. Kemudian untuk faktor koreksi hambatan samping (FHS) dengan tipe komersil sedang dan komersial rendah pada tiap-tiap pendekat bernilai 0,94 dan 0,95. Untuk faktor

kelandaian (FG) dikarenakan simpang berada pada lokasi atau tipe alinyemen horizontal, maka nilai 1. Untuk faktor parkir (FP) bernilai 1.

Tabel 5. 13 Tabel Faktor Koreksi

Pendekat	FUK	FHS	FG	FP
Barat	0,94	0,94	1	1
Utara	0,94	0,94	1	1
Barat Daya	0,94	0,95	1	1
Selatan	0,94	0,95	1	1

(Sumber: Hasil Analisis)

Kemudian untuk faktor koreksi karena berbelok kanan dapat dicari dengan persamaan (3.18). Berikut merupakan contoh perhitungan faktor koreksi belok kanan pada jam puncak sore untuk pendekat Utara:

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

$$F_{BKk} = 1 + (0,34 \times 0,26)$$

$$F_{BKk} = 1.09$$

Untuk faktor koreksi karena berbelok kiri dicari dengan persamaan (3.19). Berikut merupakan contoh perhitungan faktor koreksi belok kiri pada jam puncak sore untuk pendekat Utara:

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

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

$$F_{BKk} = 1$$

b. Arus Jenuh yang Disesuaikan

Dikarenakan pada rekomendasi menggunakan *early cut off*, artinya terdapat arus jenuh yang perlu disesuaikan. Berikut merupakan contoh perhitungan arus jenuh penyesuaian pada pendekat Utara di jam puncak sore, sebagai berikut.

$$J = \frac{J_1 \times W_{H1} + J_2 \times W_{H2}}{W_{H1} + W_{H2}}$$

$$J = \frac{2.887 \times 44 + 2.887 \times 118}{44 + 118}$$

$$J = 2.887$$

Jadi arus jenuh penyesuaian untuk pendekat Utara pada jam puncak sore yang memiliki *early cut off* adalah sebesar 2.887 smp/jam. Dengan menggunakan perhitungan tersebut, berikut merupakan rekapitulasi arus jenuh pada tiap pendekat.

Tabel 5. 14 Arus Jenuh Tiap Pendekat

Pendekat	Arus Jenuh
Barat	3.011
Utara Total	2.887
Barat Daya	2.615
Selatan Total	2.629

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan bahwa pendekat yang memiliki arus jenuh tertinggi adalah Barat dengan nilai 3.011 smp/jam.

c. Rasio Arus

Rasio arus tiap pendekat ditentukan berdasarkan arus lalu lintas pada tiap pendekat dibagi dengan nilai arus jenuh dasar. Dalam penentuan nilai rasio arus dihitung melalui persamaan berikut.

$$R_{\frac{q}{j}} = \frac{q}{j}$$

$$R_{\frac{q}{j}} = \frac{2.887}{702} = 0,24$$

Dengan menggunakan perhitungan tersebut, berikut merupakan rekapitulasi rasio arus pada tiap pendekat.

Tabel 5. 15 Nilai Rasio Arus

Pendekat	Rasio Arus
Barat	0,22
Utara Total	0,24
Barat Daya	0,02
Selatan Total	0,30

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan bahwa pendekat yang memiliki rasio arus tertinggi adalah Selatan dengan nilai 0,30.

d. Rasio Arus Simpang

Rasio arus simpang merupakan total dari rasio arus pada fase yang berbeda. Berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk perhitungan rasio arus simpang.

$$R_{AS} = \sum R_{q/jkritis}$$

$$R_{AS} = 0,22 + 0,24 + 0,02 + 0,30 = 0,78$$

e. Rasio Fase

Rasio fase merupakan perbandingan antara rasio arus yang tertinggi dalam 1 fase yang sama dengan rasio arus simpang. Nilai dari rasio fase didapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$RF = \frac{R_{q/jkritis}}{R_{AS}}$$

$$RF 1 = \frac{R_{q/jkritis}}{R_{AS}} = \frac{0,24}{0,78} = 0,31$$

Dengan menggunakan perhitungan tersebut, berikut merupakan rekapitulasi rasio fase pada tiap pendekat.

Tabel 5. 16 Rasio Fase

Pendekat	Rasio Fase
Barat	0,29
Utara Total	0,31
Barat Daya	0,02
Selatan Total	0,38

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan bahwa pendekat yang memiliki rasio fase tertinggi adalah Selatan dengan nilai 0,38.

f. Waktu Isyarat APILL

1) Waktu Merah Semua

Waktu merah semua dihitung berdasarkan jarak dari garis henti menuju titik konflik, baik untuk kendaraan datang dan kendaraan berangkat. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan W_{MS} .

$$W_{MS} = \frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}}$$

$$W_{MS} = \frac{17 + 5}{10} - \frac{9}{10} = 1,3$$

Berdasarkan hasil tersebut maka waktu merah semua untuk simpang ini adalah sebesar 2 detik.

2) Waktu Hijau Hilang Total

Nilai waktu hijau hilang didasarkan oleh nilai waktu merah semua, waktu kuning serta fase pada simpang tersebut. Dimana panjang dari waktu kuning di kota Indonesia biasanya ditetapkan 3,0 detik. Nilai W_{HH} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$W_{HH} = \sum i(wms + wk)i$$

$$W_{HH} = (2 + 3) \times 4 = 20 \text{ detik}$$

Berdasarkan perhitungan maka nilai waktu hijau hilang adalah sebesar 20 detik.

3) Waktu Siklus

Waktu siklus yang diterapkan pada simpang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

Melalui hasil persamaan maka didapat waktu silus yang digunakan sebesar 77 detik

$$s = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{\left(1 - \sum \frac{R_{q/jkritis}}{jkritis}\right)}$$

$$s = \frac{(1,5 \times 20 + 5)}{(1 - 0,78)} = 163,29$$

Melalui hasil persamaan maka didapat waktu silus yang digunakan sebesar 163,29 detik

g. Perencanaan Waktu Hijau

Perhitungan yang digunakan untuk mengetahui waktu hijau tiap fase pada simpang adalah sebagai berikut.

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/jkritis}}{\sum i(R_{q/jkritis})i}$$

$$W_{Hi} = (163,29 - 20) \times \frac{0,31}{0,78} = 44 \text{ detik}$$

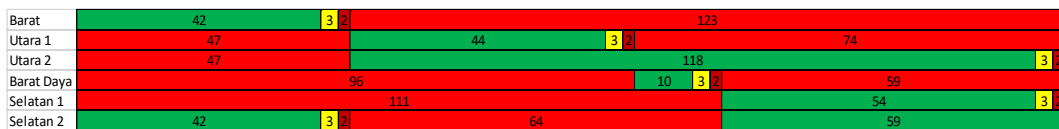
1

Berdasarkan hasil perhitungan berikut merupakan hasil distribusi waktu hijau pada tiap pendekat.

Tabel 5. 17 Distribusi Waktu Hijau

Pendekat	Waktu Hijau
Barat	42
Utara 1	44
Utara 2	118
Barat Daya	10
Selatan 1	54
Selatan 2	101

(Sumber: Hasil Analisis)



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 32. Diagram Fase Jam Puncak Sore (Plan 6)

1

h. Waktu Siklus yang Disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan merupakan total antara waktu hijau yang paling tinggi dalam tiap fase. Pada simpang ini waktu siklus yang disesuaikan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$S = \sum_{jkritis} R_q + WHH$$

$$S = 42 + 44 + 10 + 54 + 10 = 170 \text{ detik}$$

5

i. Kapasitas

Kapasitas pada simpang dengan pengaturan APILL dihitung berdasarkan distribusi waktu hijau pada tiap pendekat. Berikut merupakan perhitungan kapasitas pada pendekat Utara yang telah disesuaikan dengan cara menghitung total waktu hijau pada pendekat Utara 1 dan Utara 2.

$$C = J \times \frac{W_H}{S}$$

$$C = 2.887 \times \frac{118}{170} = 2.004 \text{ smp/jam}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka didapat kapasitas pada setiap lengan sebagai berikut.

Tabel 5. 18 Kapasitas Tiap Pendekat

Pendekat	Kapasitas
Barat	744
Utara Total	2.004
Barat Daya	154
Selatan Total	1.574

(Sumber: Hasil Analisis)

71 j. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas. Berikut merupakan perhitungan derajat kejenuhan pada tiap pendekat simpang.

$$Dj = \frac{v}{c}$$

$$Dj = \frac{702}{2.004} = 0,35$$

21 Berikut merupakan rekapitulasi nilai derajat kejenuhan pada tiap pendekat simpang.

Tabel 5. 19 Derajat Kejenuhan

Pendekat	Derajat Kejenuhan
Barat	0,91
Utara Total	0,35
Barat Daya	0,26
Selatan Total	0,50

(Sumber: Hasil Analisis)

5 k. Rasio Hijau

Rasio hijau dihitung berdasarkan perbandingan antara kapasitas dengan waktu hijau. Dalam menentukan nilai dari rasio hijau adalah dengan menggunakan persamaan berikut.

$$R_H = \frac{W_{Hi}}{c}$$

$$R_H = \frac{118}{2.004} = 0,694$$

10 Berikut merupakan hasil rekapitulasi waktu hijau pada masing masing pendekat.

Tabel 5. 20 Rasio Fase Tiap Pendekat

Pendekat	Rasio Hijau
Barat	0,247
Utara Total	0,694
Barat Daya	0,059
Selatan Total	0,594

(Sumber: Hasil Analisis)

1. Panjang Antrian

Panjang antrian merupakan salah satu kinerja dari simpang APILL, dimana panjang antrian dihitung berdasarkan jumlah kendaraan yang tersisa pada waktu hijau sebelumnya ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama fase merah. Pehitungan nilai panjang antrian adalah dengan menggunakan rumus berikut.

Jika $D_j \leq 0,5$ maka $Nq1 = 0$

Jika $D_j > 0,5$ seperti pada pendekat Barat, maka

$$Nq1 = 0,25 \times s \times (D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{s}}$$

$$Nq1 = 0,25 \times 170 \times ((0,91 - 1) + \sqrt{(0,91 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,91 - 0,5)}{77}})$$

$$= 3,19$$

$$Nq2 = s \times \frac{(1 - Rh)}{(1 - Rh \times Dj)} \times \frac{q}{3600}$$

$$Nq2 = 170 \times \frac{(1 - 0,247)}{(1 - 0,247 \times 0,91)} \times \frac{677}{3600} = 31,03$$

Setelah mendapat nilai $Nq1$ dan $Nq2$ maka dapat dihitung total panjang antrian pada suatu pendekan dengan persamaan sebagai berikut.

$$Nq = Nq1 + Nq2$$

$$Nq = 3,19 + 31,03 = 34,22$$

$$Pa = Nq \times \frac{20}{5,2}$$

$$Pa = 34,22 \times \frac{20}{4,2} = 1331,62$$

Berdasarkan perhitungan diatas berikut merupakan rekapitulasi nilai panjang antrean pada tiap pendekat.

Tabel 5. 21 Panjang Antrian PKJI 2023

Pendekat	Nq1	Nq2	Nq	PA
Barat	3,19	31,03	34,22	131,62
Utara Total	0	13,39	13,39	53,54
Barat Daya	0	1,78	1,78	7,91
Selatan Total	0,01	21,67	21,67	80,27

(Sumber: Hasil Analisis)

m. Tundaan

Tundaan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu tundaan yang disebabkan karena faktor geometri dan karena faktor lalu lintas. Tundaan lalu lintas (TLL) dapat dicari dengan persamaan (3.32) sedangkan untuk tundaan geometrik (TG) dapat dicari dengan persamaan (3.33).

Berikut merupakan contoh perhitungan Tundaan lalu lintas (TLL) pada pendekat Utara di jam puncak sore.

$$TLL = S \times \frac{0,5 \times (1 - RH)}{(1 - RH \times DJ)} + \frac{Nq1 \times 3600}{C}$$

$$TLL = 170 \times \frac{0,5 \times (1 - 0,694)}{(1 - 0,694 \times 0,5)} + \frac{0 \times 3600}{2.004}$$

$$TLL = 11 \text{ detik}$$

Berikut merupakan perhitungan Tundaan geometrik (TG) pada pendekat Utara di jam puncak Sore.

$$TG = (1 - RKH) \times PB \times 6 + (RKH \times 4)$$

$$TG = (1 - 0,36) \times 0,34 \times 6 + (0,36 \times 4)$$

$$TG = 2,76 \text{ detik}$$

Kemudian untuk menentukan tundaan total pada tiap pendekat, hal yang dilakukan adalah dengan menjumlahkan tundaan lalu lintas dengan tundaan geometrik, sehingga tundaan total untuk pendekat Utara pada jam puncak sore adalah 9,307 det/smp. Dari hasil perhitungan di atas, tundaan pada tiap pendekat dapat dicari dengan persamaan yang sama. Tundaan pada tiap-tiap pendekat dapat dilihat pada rekapitulasi, sebagai berikut.

7 Dari hasil perhitungan tundaan tersebut, bahwa pendekat Barat pada jam puncak sore memiliki tundaan terburuk yaitu 55,26 det/smp atau dengan tingkat pelayanan E.

Tabel 5. 22 Hasil Perhitungan Tundaan

Pendekat	TLL	TG	T Total
Barat	78	4,07	55,26
Utara Total	11	2,76	9,30
Barat Daya	76	4,13	3,17
Selatan Total	20	3,60	18,69

(Sumber: Hasil Analisis)

5.3.6 Analisis Perencanaan Plan

1 Perencanaan *plan* harian pada Simpang Jembatan Kedungkandang dilakukan untuk mengidentifikasi pola karakteristik lalu lintas selama 24 jam, dengan pengamatan dimulai dari pukul 05.00 WIB. Pola lalu lintas harian ini menjadi dasar dalam menentukan variasi kebutuhan waktu siklus yang diperlukan untuk mengakomodasi perubahan kondisi lalu lintas sepanjang hari. Pembagian waktu dalam satu hari didasarkan pada kondisi ketika waktu siklus awal yang diterapkan sudah tidak lagi mampu memberikan kinerja optimal pada periode berikutnya, yang ditandai dengan derajat kejenuhan melebihi 0,85, terutama saat jam-jam sibuk. Nilai ini menunjukkan perlunya penyesuaian atau perencanaan ulang siklus waktu untuk dapat melayani volume lalu lintas pada periode tersebut. Masing-masing *plan* dirancang dengan waktu siklus yang disesuaikan secara spesifik terhadap kondisi lalu lintas pada jam tertentu, dengan tujuan mendapatkan siklus optimal yang menjaga kinerja simpang tetap optimal.

Penentuan periode waktu untuk perencanaan simpang APILL pada kondisi ini dianalisis dengan pendekatan PKJI 2023 menggunakan 4 fase agar mengetahui garis batas dimulainya setiap *plan* atau periode waktu operasional. Analisis yang dilakukan terkait waktu siklus yang dibutuhkan serta nilai derajat kejenuhan pada setiap periode. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan dalam penentuan *plan*.

Tabel 5. 23 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 1 dan Plan 2

Waktu	Volume				Siklus	Waktu Hijau				DJ			
	U	S	BD	B		U	S	BD	B	U	S	BD	B
05.00-06.00	286.55	331.05	10.05	290.80	60	10	12	0	10	0.48	0.48	0.48	0.48
05.15-06.15	345.15	443.95	11.40	339.80	60	12	16	0	12	0.49	0.49	0.49	0.49
05.30-06.30	417.65	554.25	13.50	422.80	60	11	16	0	12	0.70	0.70	0.70	0.70
05.45-06.45	511.35	676.35	15.90	563.80	60	11	16	0	13	0.88	0.88	0.88	0.88
06.00-07.00	598	799.5	19.5	659.3	255	65	90	3	78	0.80	0.80	0.80	0.80
06.15-07.15	655.45	839.4	24.75	754.3	255	65	91	3	76	0.87	0.87	0.87	0.87
06.30-07.30	680	886.85	26.85	770.2	255	65	95	3	73	0.91	0.91	0.91	0.91
06.45-07.45	654	886.75	26.4	710.2	255	66	97	3	70	0.87	0.87	0.87	0.87
07.00-08.00	661.75	908.85	24.75	678.7	255	66	102	3	65	0.87	0.87	0.87	0.87
07.15-08.15	641.1	926.45	21	610.1	255	66	103	3	63	0.84	0.84	0.84	0.84
07.30-08.30	614.75	897.55	19.65	566.2	255	66	105	2	62	0.80	0.80	0.80	0.80
07.45-08.45	596.25	888.85	18.45	533.5	255	65	106	3	62	0.78	0.78	0.78	0.78
08.00-09.00	545.75	822.95	17.7	495.3	255	64	106	3	62	0.72	0.72	0.72	0.72
08.15-09.15	506.15	773.5	16.95	465.8	255	65	94	3	74	0.67	0.67	0.67	0.67

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan tabel tersebut menjelaskan awal dimulainya *plan 1* atau peralihan dari *flashing* menjadi pengaturan APILL dimulai pada pukul 05.15 WIB, hal ini ditandai dengan terpenuhinya waktu hijau minimum pada satu fase dimana untuk empat fase dibutuhkan minimal 60 detik waktu siklus. Waktu siklus yang ada pada jam tersebut diterapkan ke jam berikutnya kemudian dapat dilihat bahwa pada pukul 05.45-06.45 sudah menunjukkan kinerja yang tidak optimal pada setiap lengan dimana nilai derajat kejenuhan melebihi 0,85, maka jam tersebut merupakan awal dimulainya *plan 2* atau jam sibuk pagi. Untuk akhir dari *plan 2* ditentukan berdasarkan perpotongan garis lurus pada grafik *time series* dilihat dari kemiripan volume pada jam tersebut.

Tabel 5. 24 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 3 dan Plan 4

Waktu	Volume				Siklus	Waktu Hijau				DJ			
	U	S	BD	B		U	S	BD	B	U	S	BD	B
08.15-09.15	506.15	773.50	16.95	465.80	78	16	26	1	15	0.80	0.80	0.80	0.80
08.30-09.30	492.25	760.65	16.80	435.60	78	16	27	1	15	0.77	0.77	0.77	0.77
08.45-09.45	490.20	737.05	17.70	417.30	78	16	26	1	15	0.75	0.75	0.75	0.75
09.00-10.00	495.05	711.90	16.80	389.40	78	17	26	1	14	0.73	0.73	0.73	0.73
09.15-10.15	487.25	746	16.65	367.9	78	17	27	1	13	0.73	0.73	0.73	0.73

09.30-10.30	463.45	691.95	15.15	366.9	78	17	27	1	14	0.69	0.69	0.69	0.69
09.45-10.45	432.9	707.85	13.65	369.2	78	16	27	1	14	0.69	0.69	0.69	0.69
10.00-11.00	411.2	760.9	13.5	387.1	78	15	28	1	14	0.71	0.71	0.71	0.71
10.15-11.15	422.3	749.35	15.15	428.1	78	15	27	1	16	0.72	0.72	0.72	0.72
10.30-11.30	444.05	808.45	17.85	476.7	78	14	27	1	16	0.78	0.78	0.78	0.78
10.45-11.45	459	822.65	19.95	530.3	78	14	26	1	17	0.82	0.82	0.82	0.82
11.00-12.00	480.25	840.65	24.45	595	78	14	25	1	18	0.87	0.87	0.87	0.87
11.15-12.15	519.6	904.65	27.45	643.2	142	29	53	2	38	0.83	0.83	0.83	0.83
11.30-12.30	558.05	966.45	27.75	643.8	165	36	64	2	43	0.86	0.86	0.86	0.86
11.45-12.45	613.25	1006.1	27.3	619.9	186	43	74	2	46	0.87	0.87	0.87	0.87
12.00-13.00	634.3	1012.5	24	584.4	182	44	73	2	42	0.87	0.87	0.87	0.87
12.15-13.15	636.1	981.45	21	529.4	155	38	62	2	34	0.85	0.85	0.85	0.85
12.30-13.30	621.05	938.8	18.75	510.9	138	34	54	1	29	0.83	0.83	0.83	0.83
12.45-13.45	612.35	893.25	17.4	521.4	130	32	49	1	28	0.82	0.82	0.82	0.82
13.00-14.00	604.6	869.25	16.5	540.9	127	31	47	1	29	0.82	0.82	0.82	0.82
13.15-14.15	573.95	845.7	15	586.4	126	29	45	1	31	0.82	0.82	0.82	0.82
13.30-14.30	555.8	844.85	13.5	623.4	129	28	46	1	34	0.82	0.82	0.82	0.82

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan data pada tabel di atas, diketahui bahwa *plan 2* berakhir pada pukul 08.15 WIB. Penetapan ini didasarkan pada penurunan volume kendaraan yang melintasi simpang, khususnya pada rentang waktu pukul 09.45–10.45 WIB, di mana tercatat volume lalu lintas terendah. Kondisi tersebut dijadikan acuan dalam pembagian periode *plan*. Pada jam-jam tersebut, waktu siklus yang digunakan adalah 78 detik, dan telah diuji pada setiap jam sebelumnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa derajat kejenuhan melebihi 0,85 pada periode pukul 08.00–09.00 WIB, sehingga waktu tersebut ditetapkan sebagai batas akhir *plan 2*. Sementara itu, untuk penentuan waktu siklus pada *plan 3*, digunakan data volume lalu lintas pada pukul 08.15–09.15 WIB. Tujuannya adalah untuk menjaga kinerja lalu lintas tetap optimal saat terjadi transisi dari periode sibuk ke periode tidak sibuk, serta memastikan agar fase hijau tetap efektif meskipun berada pada volume minimum. Adapun batas akhir *plan 3* ditetapkan pada pukul 11.00 WIB, karena pengujian waktu siklus 78 detik pada waktu tersebut menunjukkan bahwa seluruh lengan simpang telah mengalami derajat kejenuhan di atas 0,85, sehingga diperlukan peralihan ke *plan* berikutnya (jam sibuk *plan 4*). Untuk akhir dari *plan*

4 ditentukan berdasarkan perpotongan garis lurus pada grafik *time series* dilihat dari kemiripan volume pada jam tersebut.

Tabel 5. 25 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 5 dan Plan 6

Waktu	Volume				Siklus	Waktu Hijau				DJ			
	U	S	BD	B		U	S	BD	B	U	S	BD	B
13.30-14.30	555.80	844.85	13.50	623.40	108	23	37	1	27	0.85	0.85	0.85	0.85
13.45-14.45	509.25	845.75	14.10	648.90	108	21	37	1	29	0.84	0.84	0.84	0.84
14.00-15.00	471.10	790.85	16.50	679.40	108	20	36	1	31	0.82	0.82	0.82	0.82
14.15-15.15	446.85	736.95	17.40	697.40	108	20	35	1	32	0.79	0.79	0.79	0.79
14.30-15.30	445.25	676.65	19.35	727.40	108	20	33	1	34	0.78	0.78	0.78	0.78
14.45-15.45	470.15	671.1	19.95	764.4	108	21	32	1	35	0.81	0.81	0.81	0.81
15.00-16.00	530.85	714.55	19.95	841.4	108	23	37	1	27	0.85	0.85	0.85	0.85
15.15-16.15	611.4	789.9	23.25	872.4	210	48	67	2	72	0.89	0.89	0.89	0.89
15.30-16.30	673.25	818	28.8	892.8	281	70	91	4	97	0.91	0.91	0.91	0.91
15.45-16.45	707.2	818.4	35.4	952.2	399	102	127	6	144	0.93	0.93	0.93	0.93
16.00-17.00	708.05	811.8	39	979.1	451	115	143	8	166	0.94	0.94	0.94	0.94
16.15-17.15	701.5	792.25	39.45	1027	506	127	156	9	194	0.94	0.94	0.94	0.94
16.30-17.30	673.1	783.1	35.55	1063	489	117	150	7	195	0.94	0.94	0.94	0.94
16.45-17.45	641.35	749.6	30.3	1040	329	76	98	4	131	0.92	0.92	0.92	0.92
17.00-18.00	596.4	713.1	27.15	984.5	224	50	65	3	86	0.89	0.89	0.89	0.89
17.15-18.15	547.2	650.55	23.85	933	161	34	44	2	61	0.86	0.86	0.86	0.86

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan data pada tabel di atas, diketahui bahwa *Plan 4* berakhir pada pukul 13.30 WIB, yang sekaligus menandai dimulainya *Plan 5*. Penetapan batas waktu ini didasarkan pada penurunan volume kendaraan yang melintasi simpang, khususnya pada rentang waktu pukul 14.30–15.30 WIB, di mana tercatat volume lalu lintas terendah. Kondisi tersebut dijadikan dasar dalam pembagian periode plan. Pada jam-jam tersebut, digunakan waktu siklus sebesar 108 detik, yang telah diuji pada masing-masing jam sebelumnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa derajat kejenuhan melebihi nilai ambang 0,85 pada periode pukul 13.30–14.30 WIB, sehingga waktu tersebut ditetapkan sebagai batas akhir dari *Plan 4*. Sementara itu, untuk menentukan waktu siklus pada *Plan 5*, digunakan data volume lalu lintas pada pukul 13.30–14.30 WIB. Tujuannya adalah menjaga kinerja lalu lintas tetap optimal saat terjadi transisi dari periode sibuk menuju periode tidak sibuk, serta memastikan bahwa fase hijau tetap berjalan efektif meskipun dalam

kondisi volume lalu lintas minimum. Adapun batas akhir dari *Plan 5* ditetapkan pada pukul 15.00 WIB. Hal ini berdasarkan hasil pengujian dengan waktu siklus 108 detik, yang menunjukkan bahwa seluruh lengan simpang telah mengalami derajat kejenuhan di atas 0,85 pada waktu tersebut. Oleh karena itu, diperlukan peralihan ke *Plan* berikutnya, yaitu *Plan 6*, yang merupakan periode jam sibuk sore hari.

Plan 6 memiliki karakteristik volume lalu lintas yang mirip dengan *Plan 2* (pagi hari), namun tetap dibedakan karena pola dominasi arus lalu lintasnya berbeda. Pada *Plan 2*, arus lalu lintas didominasi oleh kendaraan dari arah selatan (Jalan Mayjen Sungkono), yang mencatat volume tertinggi dibandingkan lengan lainnya. Oleh sebab itu, dalam *plan* pagi, distribusi waktu hijau diberikan lebih panjang untuk lengan selatan guna menghindari penumpukan antrean. Sebaliknya, pada *Plan 6* terjadi lonjakan volume kendaraan dari arah barat (Jalan Muharto), yang disebabkan oleh tingginya mobilitas masyarakat saat pulang kerja menuju kawasan permukiman. Maka dari itu, pada *plan* sore ini, waktu hijau diprioritaskan untuk lengan barat agar distribusi arus lalu lintas dapat terlayani secara optimal dan kemacetan dapat dicegah.

Akhir dari *Plan 6* ditentukan berdasarkan perpotongan garis tren pada grafik time series, yang menunjukkan kemiripan volume lalu lintas pada waktu tersebut, sehingga dapat dijadikan acuan dalam transisi ke plan selanjutnya.

Tabel 5. 26 Penentuan Batas Awal dan Akhir Plan 7

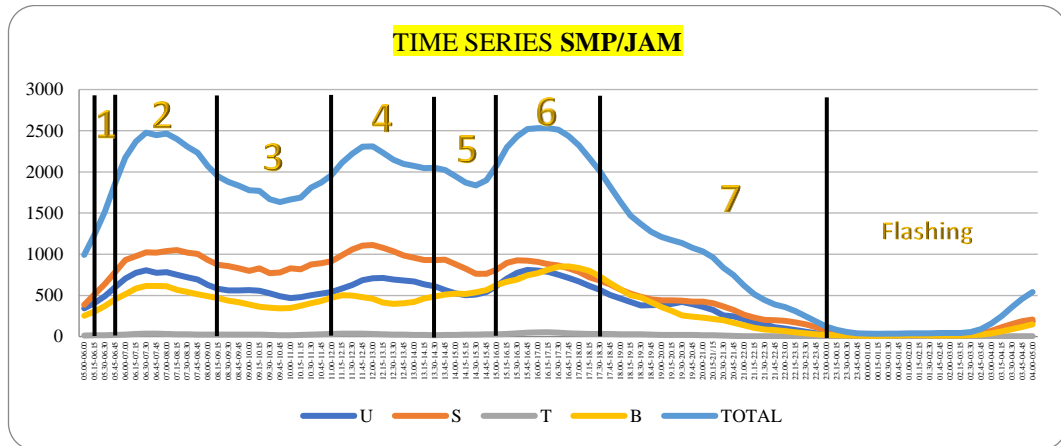
Waktu	Volume				Siklus	Waktu Hijau				DJ			
	U	S	BD	B		U	S	BD	B	U	S	BD	B
17.30-18.30	502.55	614.45	23.1	843	126	26	34	1	45	0.81	0.81	0.81	0.81
17.45-18.45	447.25	571.55	23.1	753.5	101	19	27	1	34	0.77	0.77	0.77	0.77
18.00-19.00	407.75	516.6	21.45	670.5	85	16	21	1	27	0.71	0.71	0.71	0.71
18.15-19.15	369.65	468.15	20.55	577	73	13	18	1	21	0.66	0.66	0.66	0.66
18.30-19.30	334.05	429.95	19.8	535	67	11	16	1	19	0.62	0.62	0.62	0.62
18.45-19.45	335.05	401.45	17.1	455	62	11	15	1	16	0.59	0.59	0.59	0.59
19.00-20.00	340.8	386.75	16.5	380	59	11	14	1	13	0.56	0.56	0.56	0.56
19.15-20.15	343	384.25	16.35	327.5	57	11	14	1	11	0.54	0.54	0.54	0.54
19.30-20.30	362.15	380.6	14.55	266.5	56	12	14	1	9	0.52	0.52	0.52	0.52
19.45-20.45	336.95	369.3	14.7	244.5	54	11	13	1	9	0.50	0.50	0.50	0.50

20.00-21.00	310.7	370.8	13.65	224.5	53	11	13	1	8	0.48	0.48	0.48	0.48
20.15-21.15	280.45	351.3	11.1	199.5	51	10	13	0	7	0.45	0.45	0.45	0.45
20.30-21.30	227.9	318.85	9.3	179.5	48	8	12	0	7	0.41	0.41	0.41	0.41
20.45-21.45	213.8	280.6	6.75	155.5	46	8	11	0	6	0.38	0.38	0.38	0.38
21.00-22.00	182.25	234.45	4.65	130.5	44	8	10	0	6	0.33	0.33	0.33	0.33
21.15-22.15	149.4	204.35	3.6	109.5	42	7	10	0	5	0.29	0.29	0.29	0.29
21.30-22.30	130.55	182.6	3.45	89.5	41	7	10	0	5	0.25	0.25	0.25	0.25
21.45-22.45	100.85	177.75	2.7	77.5	40	6	10	0	4	0.23	0.23	0.23	0.23
22.00-23.00	87.65	171.35	2.55	65	40	5	11	0	4	0.21	0.21	0.21	0.21
22.15-23.15	70.45	155.7	2.4	51.5	39	5	11	0	3	0.18	0.18	0.18	0.18
22.30-23.30	52.55	132.75	1.65	39	38	4	11	0	3	0.15	0.15	0.15	0.15
22.45-23.45	35.7	102.3	1.2	28	37	4	11	0	3	0.12	0.12	0.12	0.12
23.00-00.00	22	68.5	0.45	19	36	3	10	0	3	0.08	0.08	0.08	0.08

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan pada tabel di atas, penentuan Plan 7 dimulai pada pukul 17.30 WIB dan berakhir pada pukul 23.00 WIB, dimana untuk fluktuasi kendaraan pada jam tersebut sudah mulai melandai dan tidak terlalu ramai, selain itu rata-rata kegiatan masyarakat Kota Malang pada sekitar wilayah tersebut sudah mulai sepi sehingga cukup diterapkan *flashing* pada jam tersebut.

Hasil analisis terhadap garis perpotongan antar periode dalam rencana operasional menunjukkan bahwa Simpang Jembatan Kedungkandang dapat dibagi menjadi tujuh *plan* waktu operasional yang berbeda. Pembagian ini didasarkan pada perubahan karakteristik lalu lintas harian yang dianalisis secara bertahap, sehingga setiap *plan* dapat memberikan optimalisasi kondisi lalu lintas pada simpang dalam satu rentang waktu tertentu. Grafik pembagian *plan* yang ditampilkan berikut ini memberikan gambaran visual mengenai rentang waktu masing-masing *plan*, serta menjadi dasar dalam penentuan strategi pengendalian lalu lintas yang sesuai pada setiap periode.



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 33. Pembagian Plan

Berdasarkan grafik di atas, dapat ditentukan periode waktu pada tiap plan untuk perancangan fase simpang bersinyal pada Simpang Jembatan Kedungkandang adalah sebagai berikut.

1. Plan 1

Plan 1 merupakan periode jam tidak sibuk pada pagi hari yang dimulai pada pukul 05.15-06.45 WIB.

2. Plan 2

Plan 2 merupakan periode jam sibuk pada pagi hari yang dimulai pada pukul 06.45-09.15 WIB.

3. Plan 3

Plan 3 merupakan periode jam tidak sibuk peralihan dari periode jam sibuk pagi hari dengan periode jam sibuk siang hari, dimulai pada pukul 09.15-12.00 WIB.

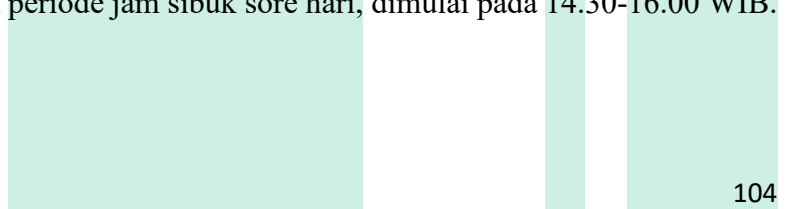
4. Plan 4

Plan 4 merupakan periode jam sibuk siang hari yang dimulai pada pukul 12.00-14.30 WIB.

5. Plan 5

Plan 5 merupakan periode jam tidak sibuk peralihan dari periode jam sibuk siang hari dengan periode jam sibuk sore hari, dimulai pada 14.30-16.00 WIB.

6. Plan 6



102 *Plan 6* merupakan periode jam sibuk sore hari yang dimulai pada pukul 16.00-18.30 WIB.

7. *Plan 7*

118 *Plan 7* merupakan periode jam tidak sibuk peralihan dari periode jam sibuk sore hari dengan periode dibutuhkannya *flashing* yang dimulai pada pukul 18.30-23.00 WIB

8. *Flashing*

Flashing merupakan kondisi dimana Alat Pengendali Lalu Lintas hanya akan berwarna kuning atau amber yang menandakan pengendara untuk berhati-hati saat melewati persimpangan. *Flashing* akan diterapkan pada pukul 23.00-05.15 WIB dimana untuk volume kendaraan pada jam tersebut sudah mulai melandai dan tidak terlalu ramai, selain itu rata-rata kegiatan masyarakat Kota Malang pada sekitar wilayah tersebut sudah mulai sepi sehingga cukup diterapkan *flashing* pada jam tersebut.

47 Penentuan pembagian *plan* pada Simpang Jembatan Kedungkandang didasarkan pada analisis grafik *time series* volume lalu lintas harian yang menunjukkan pola pergerakan kendaraan yang berbeda-beda pada masing-masing jam sibuk, yaitu pagi, siang, dan sore hari. Meskipun secara umum terdapat perpotongan volume yang tampak serupa dalam grafik, namun pembagian *plan* dilakukan secara terpisah karena distribusi arus lalu lintas pada setiap lengan pendekat menunjukkan karakteristik yang berbeda sesuai waktu.

5 Pada jam sibuk pagi hari, arus lalu lintas didominasi oleh kendaraan dari arah selatan (Jalan Mayjen Sungkono), yang menunjukkan volume tertinggi dibandingkan lengan lainnya. Oleh karena itu, dalam *plan* pagi, distribusi waktu hijau diberikan lebih panjang untuk lengan selatan guna menghindari penumpukan antrean.

Sementara itu, pada siang hari, volume lalu lintas cenderung lebih merata dan menurun di seluruh lengan. Oleh sebab itu, pembagian waktu hijau pada siang hari dibuat lebih seimbang dan lebih pendek untuk masing-masing lengan. Tujuannya

adalah agar siklus tetap efisien dan tidak terjadi pemborosan waktu hijau yang tidak termanfaatkan, sekaligus mempertahankan simpang dalam kondisi optimal.

4 Pada sore hari, terjadi lonjakan volume arus lalu lintas dari arah barat (Jalan Muhartha) yang disebabkan oleh tingginya mobilitas pulang kerja atau aktivitas masyarakat menuju kawasan permukiman. Maka dari itu, *plan* sore memberikan prioritas waktu hijau lebih kepada lengan barat agar distribusi arus dapat terlayani secara efektif dan mencegah terjadinya kemacetan. Dengan pembagian *plan* yang disesuaikan terhadap kondisi aktual distribusi arus pada tiap waktu tersebut, pengaturan APILL menjadi lebih responsif terhadap kebutuhan lalu lintas yang dinamis sepanjang hari.

5.3.7 Analisis Waktu Siklus

Penentuan waktu siklus optimal pada setiap plan dilakukan berdasarkan analisis terhadap kondisi lalu lintas pada periode jam sibuk dalam rentang waktu plan tersebut. Dalam proses perencanaan ini diasumsikan bahwa waktu siklus yang diperoleh dari jam tersibuk mampu mengakomodasi kondisi lalu lintas pada jam-jam lainnya dalam periode yang sama. Artinya, perancangan waktu siklus didasarkan pada kondisi paling kritis, sehingga tetap mampu memberikan pelayanan yang efektif meskipun volume lalu lintas menurun di luar jam puncak.

10 Langkah awal dimulai dari penentuan nilai arus jenuh dasar. Setelah itu, ditentukan berbagai faktor koreksi hingga diperoleh arus jenuh untuk setiap pendekat. Nilai arus jenuh ini kemudian digunakan untuk menghitung rasio arus pada masing-masing pendekat, yang menjadi dasar dalam menentukan waktu siklus dan distribusi waktu hijau. Dengan menerapkan desain empat fase, diperoleh hasil waktu siklus dan distribusi waktu hijau untuk masing-masing *plan* seperti ditunjukkan berikut ini.

140

Tabel 5. 27 Distribusi Waktu Hijau Plan 1

Pendekat	Waktu Hijau
Barat	10
Utara 1	12
Utara 2	48
Barat Daya	10
Selatan 1	16
Selatan 2	31

(Sumber: Hasil Analisis)

Waktu Siklus	68					
Barat	10	3	2	53		
Utara 1	15		12	3	2	36
Utara 2	15		48			3 2
Barat Daya	32			10	3 2	21
Selatan 1	47				16	3 2
Selatan 2	10	3 2	32			21

(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 34. Diagram Fase Plan 1

Tabel 5. 28 Distribusi Waktu Hijau Plan 2

Pendekat	Waktu Hijau
Barat	27
Utara 1	38
Utara 2	112
Barat Daya	10
Selatan 1	54
Selatan 2	86

(Sumber: Hasil Analisis)

Waktu Siklus	149					
Barat	27	3 2	117			
Utara 1	32		38	3 2	74	
Utara 2	32		112			3 2
Barat Daya	75			10	3 2	59
Selatan 1	90				54	3 2
Selatan 2	27	3 2	58			59

(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 35. Diagram Fase Plan

Tabel 5. 29 Distribusi Waktu Hijau Plan 3

Pendekat	Waktu Hijau
Barat	16
Utara 1	19
Utara 2	71
Barat Daya	10
Selatan 1	32
Selatan 2	53

(Sumber: Hasil Analisis)

Waktu Siklus	97			
Barat	16	3	2	76
Utara 1	21	19	3	52
Utara 2	21	71		3
Barat Daya	45		10	37
Selatan 1	60		32	3
Selatan 2	16	3	2	37

(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 36. Diagram Fase Plan 3

Tabel 5. 30 Distribusi Waktu Hijau Plan 4

Pendekat	Waktu Hijau
Barat	41
Utara 1	44
Utara 2	118
Barat Daya	10
Selatan 1	54
Selatan 2	100

(Sumber: Hasil Analisis)

Waktu Siklus	169			
Barat	41	3	2	123
Utara 1	46	44	3	74
Utara 2	46	118		3
Barat Daya	95		10	39
Selatan 1	110		54	3
Selatan 2	41	3	2	59

(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 37. Diagram Fase Waktu Hijau Plan 4

Tabel 5. 31 Distribusi Waktu Hijau Plan 5

Pendekat	Waktu Hijau
Barat	17
Utara 1	22
Utara 2	81
Barat Daya	10
Selatan 1	39
Selatan 2	61

(Sumber: Hasil Analisis)

Waktu Siklus	108			
Barat	17	3	2	86
Utara 1	22	22	3	59
Utara 2	22	81		3
Barat Daya	49		10	44
Selatan 1	64		39	3
Selatan 2	17	3	2	44

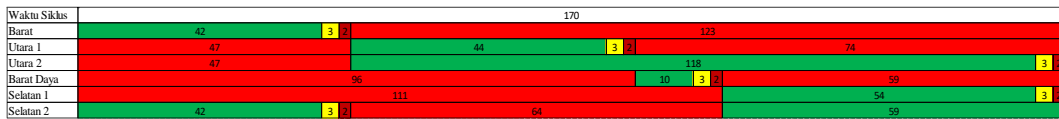
(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 38. Diagram Fase Plan 5

Tabel 5. 32 Distribusi Waktu Hijau Plan 6

Pendekat	Waktu Hijau
Barat	42
Utara 1	44
Utara 2	118
Barat Daya	10
Selatan 1	54
Selatan 2	92

(Sumber: Hasil Analisis)



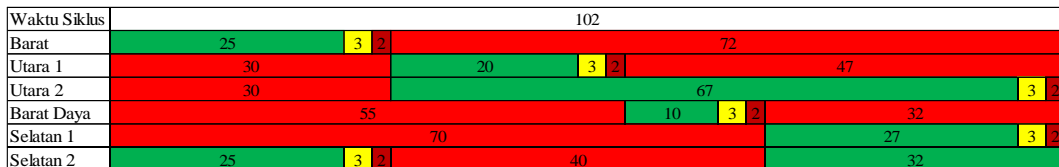
(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 39. Diagram Fase Plan 6

Tabel 5. 33 Distribusi Waktu Hijau Plan 7

Pendekat	Waktu Hijau
Barat	17
Utara 1	22
Utara 2	81
Barat Daya	10
Selatan 1	39
Selatan 2	61

(Sumber: Hasil Analisis)



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 40. Diagram Fase Plan 7

Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa tipe fase yang digunakan pada rekayasa adalah terlindung dengan *early cut off*. Setelah didapatkan waktu siklus dan waktu hijau pada setiap *plan*, selanjutnya waktu siklus tersebut dimasukkan ke dalam permodelan VISSIM untuk mengevaluasi kinerja simpang setelah penerapan rekayasa simpang tidak bersinyal.

5.3.8 Perbandingan Kinerja

Penilaian terhadap kinerja simpang dilakukan dengan mengacu pada panjang antrean dan tundaan kendaraan, yang dianalisis melalui pemodelan mikrosimulasi menggunakan VISSIM. Suatu simpang dinyatakan mengalami peningkatan kinerja apabila terjadi penurunan pada kedua parameter tersebut setelah dilakukannya rekayasa lalu lintas. Penerapan rekayasa pemasangan APILL menggunakan empat fase terlindung dengan *early cut off* dinilai sebagai pendekatan yang optimal dalam meningkatkan kinerja simpang, karena setiap *plan* dirancang dengan waktu siklus dan distribusi waktu hijau yang disesuaikan dengan kondisi lalu lintas pada masing-masing periode waktu. Berikut ini disajikan perbandingan kinerja simpang, antara kondisi eksisting sebelum penerapan APILL dan kondisi setelah dilakukannya rekayasa simpang tidak bersinyal menggunakan empat fase terlindung dengan *early cut off*.

1. Plan 1

Berikut merupakan hasil perbandingan kinerja hasil simulasi VISSIM pada kondisi eksisting dengan hasil rekayasa.

Tabel 5. 34 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 1

ARAH	Eksisting		Rekayasa		Selisih	
	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)
BARAT	20	10	40	24	20	14
UTARA	38	9	29	23	-9	14
SELATAN	37	5	36	12	-1	7
BARAT DAYA	4	18	10	21	6	3

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan VISSIM, diketahui bahwa penerapan APILL empat fase terlindung dengan *early cut off* dengan distribusi waktu siklus yang diperoleh dari perhitungan PKJI 2023 menyebabkan peningkatan panjang antrean dan tundaan pada lengan Barat, Selatan, dan Barat Daya simpang pada *plan* 1 kecuali pada pendekat Utara yang mengalami penurunan pada panjang antreannya. Hal ini terjadi karena *plan* 1 merupakan awal penerapan pengaturan

sinyal, di mana kondisi lalu lintas masih relatif lancar, sehingga sebelumnya antrean kendaraan pun cenderung minim. Pemasangan APILL memang menyebabkan antrean meningkat, namun peningkatannya tidak terlalu signifikan. Meski demikian, pemasangan sinyal tetap diperlukan pada *plan* ini, karena pada jam tersebut telah mencapai waktu siklus minimum, sehingga pengaturan menggunakan APILL menjadi penting untuk menjaga kelancaran dan keselamatan arus lalu lintas.

2. *Plan* 2 (Jam Sibuk Pagi)

Berikut merupakan hasil perbandingan kinerja hasil simulasi VISSIM pada kondisi eksisting dengan hasil rekayasa.

Tabel 5. 35 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 2

ARAH	Eksisting		Rekayasa		Selisih	
	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)
BARAT	48	43	147	85	99	42
UTARA	398	130	83	52	-315	-78
SELATAN	122	31	105	23	-17	-8
BARAT DAYA	8	118	17	37	9	-81

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil simulasi mikrosimulasi lalu lintas menggunakan perangkat lunak VISSIM, diperoleh hasil bahwa penerapan APILL dengan konfigurasi empat fase terlindung serta penerapan *early cut off* yang distribusi waktu siklusnya diperoleh dari perhitungan sesuai PKJI 2023 berdampak signifikan terhadap peningkatan efisiensi lalu lintas pada beberapa pendekat simpang. Secara khusus, terjadi penurunan panjang antrean dan tundaan yang cukup mencolok pada pendekat Utara dan Selatan, yang merupakan arus utama. Pada pendekat Utara, panjang antrean yang semula mencapai 398 meter dengan tundaan sebesar 130 detik, menurun menjadi 83 meter dengan tundaan hanya 52 detik. Sementara itu, pada pendekat Selatan, panjang antrean turun dari 114 meter menjadi 105 meter, dan tundaan berkurang dari 31 detik menjadi 23 detik.

Penurunan ini menunjukkan bahwa penerapan sistem sinyal empat fase mampu mengoptimalkan pelepasan arus utama secara lebih teratur dan efisien, sehingga

mengurangi kemacetan pada lengan mayor simpang. Namun demikian, kondisi berbeda terjadi pada lengan pendekat minor, yaitu arah Barat dan Barat Daya. Pada kedua pendekat ini justru terlihat peningkatan panjang antrean dan tundaan. Lengan minor mengalami peningkatan panjang antrean dan tundaan karena waktu hijau yang dialokasikan lebih pendek dibandingkan lengan mayor. Hal ini terjadi karena dalam upaya perbaikan kinerja simpang, prioritas waktu hijau diberikan kepada lengan dengan volume lalu lintas yang lebih tinggi, sehingga lengan dengan volume lebih rendah cenderung menerima alokasi waktu yang lebih sedikit, selain itu setelah sistem sinyal diterapkan, arus lalu lintas pada lengan tersebut harus menunggu giliran fase atau lampu merah, yang sebelumnya tidak terjadi.

3. Plan 3

Berikut merupakan hasil perbandingan kinerja hasil simulasi VISSIM pada kondisi eksisting dengan hasil rekayasa.

Tabel 5. 36 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 3

ARAH	Eksisting		Rekayasa		Selisih	
	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)
BARAT	30	19	98	45	68	26
UTARA	108	28	40	5	-68	-23
SELATAN	73	13	70	15	-3	2
BARAT DAYA	5	47	14	31	9	-16

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM, penerapan APILL empat fase terlindung dengan *early cut off* dengan distribusi waktu siklus yang dihitung berdasarkan pedoman PKJI 2023 menunjukkan adanya peningkatan kinerja lalu lintas, khususnya pada pendekat mayor. Pada pendekat Utara dan Selatan, terjadi penurunan panjang antrean yang cukup signifikan setelah rekayasa dilakukan. Secara rinci, pada pendekat Utara, panjang antrean yang sebelumnya mencapai 108 meter, menurun menjadi 40 meter setelah penerapan sistem sinyal. Sementara pada pendekat Selatan, panjang antrean yang semula 73 meter berkurang menjadi 70 meter, tetapi mengalami peningkatan

pada pendekat Barat yang semula 30 m menjadi 98 m. Hal yang sama juga terjadi pada pendekat Barat Daya. Lengan minor mengalami peningkatan panjang antrean dan tundaan karena waktu hijau yang dialokasikan lebih pendek dibandingkan lengan mayor. Hal ini terjadi karena dalam upaya perbaikan kinerja simpang, prioritas waktu hijau diberikan kepada lengan dengan volume lalu lintas yang lebih tinggi, sehingga lengan dengan volume lebih rendah cenderung menerima alokasi waktu yang lebih sedikit.

4. Plan 4 (Jam Sibuk Siang)

Berikut merupakan hasil perbandingan kinerja hasil simulasi VISSIM pada kondisi eksisting dengan hasil rekayasa.

Tabel 5. 37 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 4

ARAH	Eksisting		Rekayasa		Selisih	
	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)
BARAT	33	25	70	57	37	32
UTARA	267	72	54	11	-213	-61
SELATAN	134	24	130	22	-4	-2
BARAT DAYA	6	65	16	58	10	-7

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil simulasi lalu lintas yang dilakukan menggunakan perangkat lunak VISSIM, diperoleh temuan bahwa penerapan sistem APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) empat fase terlindung dengan *early cut off*, yang pengaturan waktu siklusnya mengacu pada perhitungan PKJI 2023, menunjukkan bahwa pada pendekat Utara dan Selatan mengalami penurunan signifikan dalam panjang antrean maupun waktu tundaan. Pada pendekat Utara, panjang antrean yang semula mencapai 267 meter dengan rata-rata tundaan sebesar 72 detik, berhasil ditekan menjadi hanya 54 meter dengan tundaan turun drastis menjadi 11 detik. Sementara itu, pada pendekat Selatan, panjang antrean mengalami sedikit penurunan dari 134 meter menjadi 130 meter, disertai dengan pengurangan tundaan dari 24 detik menjadi 22 detik.

Meskipun demikian, peningkatan performa di kedua pendekat tersebut tidak diikuti oleh pendekat Barat, yang justru mengalami kenaikan panjang antrean dan waktu tundaan. Dalam kondisi eksisting sebelum rekayasa, antrean pada pendekat Barat tercatat sepanjang 33 meter dengan tundaan sebesar 25 detik, namun setelah penerapan skenario rekayasa lalu lintas, panjang antrean meningkat menjadi 70 meter dengan waktu tundaan naik menjadi 57 detik. Kondisi yang sama juga terjadi pada pendekat Barat Daya. Lengan minor mengalami peningkatan panjang antrean dan tundaan karena waktu hijau yang dialokasikan lebih pendek dibandingkan lengan mayor. Hal ini terjadi karena dalam upaya perbaikan kinerja simpang, prioritas waktu hijau diberikan kepada lengan dengan volume lalu lintas yang lebih tinggi, sehingga lengan dengan volume lebih rendah cenderung menerima alokasi waktu yang lebih sedikit, selain itu setelah sistem sinyal diterapkan, arus lalu lintas pada lengan tersebut harus menunggu giliran fase atau lampu merah, yang sebelumnya tidak terjadi.

5. Plan 5

Berikut merupakan hasil perbandingan kinerja hasil simulasi VISSIM pada kondisi eksisting dengan hasil rekayasa.

Tabel 5. 38 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 5

ARAH	Eksisting		Rekayasa		Selisih	
	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)
BARAT	32	20	107	115	75	95
UTARA	132	38	46	34	-86	-4
SELATAN	107	18	69	14	-38	-4
BARAT DAYA	6	61	11	38	5	-23

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan VISSIM, diketahui bahwa penerapan APILL empat fase terlindung dengan *early cut off* dengan distribusi waktu siklus yang diperoleh dari perhitungan PKJI 2023, menunjukkan penurunan pada panjang antrean serta tundaan di pendekat Utara dan Selatan. Dengan panjang antrean pada pendekat Utara sebelum rekayasa yaitu 132 m dengan tundaan 38 detik turun

menjadi 46 m dengan tundaan 34 detik. Hal serupa juga terjadi pada pendekat Selatan yang sebelum dilakukan rekayasa yaitu 107 m dengan tundaan 18 detik turun menjadi 69 m dengan tundaan 14 detik. Hal yang sama juga terjadi pada pendekat Barat Daya. Lengan minor mengalami peningkatan panjang antrean dan tundaan karena waktu hijau yang dialokasikan lebih pendek dibandingkan lengan mayor. Hal ini terjadi karena dalam upaya perbaikan kinerja simpang, prioritas waktu hijau diberikan kepada lengan dengan volume lalu lintas yang lebih tinggi, sehingga lengan dengan volume lebih rendah cenderung menerima alokasi waktu yang lebih sedikit.

6. *Plan 6* (Jam Sibuk Sore)

Berikut merupakan hasil perbandingan kinerja hasil simulasi VISSIM pada kondisi eksisting dengan hasil rekayasa.

Tabel 5. 39 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 6

ARAH	Eksisting		Rekayasa		Selisih	
	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)
BARAT	221	46	385	193	164	147
UTARA	370	71	72	50	-298	-21
SELATAN	252	98	103	22	-149	-76
BARAT DAYA	10	81	25	42	15	-39

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan VISSIM, diketahui bahwa penerapan APILL empat fase terlindung dengan *early cut off* dengan distribusi waktu siklus yang diperoleh dari perhitungan PKJI 2023, menunjukkan penurunan panjang antrean dan tundaan yang signifikan pada pendekat Utara dan Selatan. Dimana pada pendekat Utara dengan panjang antrian dan tundaan sebelum rekayasa yaitu 370 m dengan tundaan 71 detik turun menjadi 72 m dengan tundaan 50 detik. Sedangkan pada pendekat Selatan sebelum rekayasa yaitu 252 m dengan tundaan 98 detik turun menjadi 103 m dengan tundaan 22 detik. Tetapi mengalami peningkatan pada pendekat minor yaitu Barat yang dimana pada kondisi sebelum rekayasa 221 m

dengan tundaan 46 detik naik menjadi 385 m dengan tundaan 193 detik. Hal yang sama juga terjadi pada pendekat Barat Daya.

7. Plan 7

Berikut merupakan hasil perbandingan kinerja hasil simulasi VISSIM pada kondisi eksisting dengan hasil rekayasa

Tabel 5. 40 Perbandingan Kinerja Eksisting dan Rekayasa Plan 7

ARAH	Eksisting		Rekayasa		Selisih	
	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)	Q Len (m)	Delay (detik)
BARAT	45	25	187	105	142	80
UTARA	78	22	36	32	-42	10
SELATAN	75	23	51	14	-24	-9
BARAT DAYA	6	75	16	30	10	-45

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan VISSIM, diketahui bahwa penerapan APILL empat fase terlindung dengan *early cut off* dengan distribusi waktu siklus yang diperoleh dari perhitungan PKJI 2023, menunjukkan penurunan panjang antrean dan tundaan yang signifikan pada pendekat Utara dan Selatan. Dimana pada pendekat Utara dengan panjang antrian dan tundaan sebelum rekayasa yaitu 78 m dengan tundaan 22 detik turun menjadi 36 m dengan tundaan mengalami kenaikan menjadi 32 detik. Sedangkan pada pendekat Selatan sebelum rekayasa yaitu 75 m dengan tundaan 23 detik turun menjadi 51 m dengan tundaan 14 detik. Tetapi mengalami peningkatan pada pendekat minor yaitu Barat yang dimana pada kondisi sebelum rekayasa 45 m dengan tundaan 25 detik naik menjadi 187 m dengan tundaan 105 detik. Hal yang sama juga terjadi pada pendekat Barat Daya.

Tabel 5. 41 Tabulasi Kinerja Rekayasa

ARAH	Rata-Rata	
	Q Len (m)	Delay (detik)
BARAT	86	62
UTARA	-147	-23
SELATAN	-34	-13

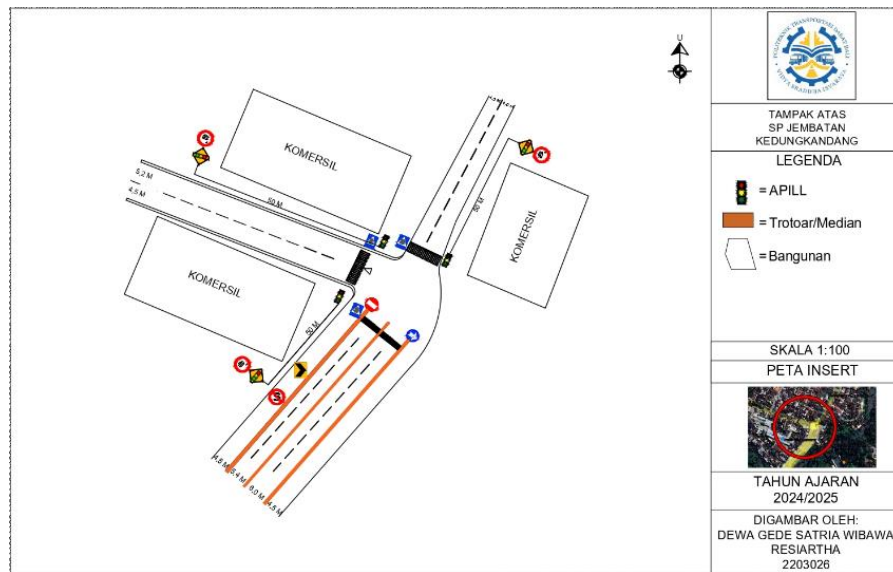
BARAT DAYA	9	-30
------------	---	-----

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan data pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa arah Barat mengalami peningkatan dengan rata-rata panjang antrean sebesar 86 meter dan waktu tundaan (*delay*) sebesar 62 detik. Sementara itu, arah Utara, Selatan, dan Barat Daya menunjukkan nilai negatif pada panjang antrean maupun tundaannya. Nilai negatif ini mengindikasikan adanya penurunan baik pada panjang antrean maupun waktu tundaan sebagai hasil dari upaya rekayasa lalu lintas yang telah diterapkan. Arah Utara mengalami penurunan panjang antrean dan tundaan sebesar 147 meter dan 23 detik, arah Selatan sebesar 34 meter dan 13 detik, arah Barat Daya sebesar 30 detik namun panjang antrean mengalami kenaikan rata-rata sebesar 9 meter. Dengan kata lain, rekayasa lalu lintas memberikan dampak positif terhadap kelancaran arus kendaraan di simpang tersebut.

5.4 Layout Desain Rekayasa Persimpangan

Dalam merancang desain rekayasa pada simpang tidak bersinyal, diperlukan keberadaan fasilitas pendukung yang bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja lalu lintas di lokasi tersebut. Fasilitas penunjang berupa perlengkapan jalan seperti rambu lalu lintas, marka jalan, serta Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) memiliki peran penting dalam mendukung efektivitas desain dan implementasi rekayasa lalu lintas pada simpang. Penambahan dan penataan perlengkapan tersebut tidak hanya berfungsi untuk memperlancar arus kendaraan, tetapi juga berkontribusi besar dalam meningkatkan tingkat keselamatan bagi pengguna jalan, baik kendaraan bermotor maupun pejalan kaki.



(Sumber: Hasil Analisis)

Gambar 41. Layout Desain Perencanaan Simpang

Perencanaan terhadap jenis, lokasi, dan penempatan perlengkapan jalan tersebut disusun dengan mengacu pada regulasi yang berlaku, yakni Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 67 Tahun 2018 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas. Adapun ilustrasi teknis dari rencana pemasangan perlengkapan jalan untuk menunjang rekayasa lalu lintas dapat dilihat pada gambar teknis perencanaan fasilitas jalan di Simpang Jembatan Kedungkandang.

Fasilitas pendukung berupa perlengkapan jalan yang diperlukan untuk menunjang desain rekayasa lalu lintas pada Simpang Jembatan Kedungkandang mencakup penambahan *zebra cross* bagi pejalan kaki serta marka garis henti (*stop line*) di setiap pendekatan simpang. Penempatan kedua elemen ini mengikuti ketentuan dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 67 Tahun 2018 tentang Marka Jalan, yang menyatakan bahwa jarak ideal antara *zebra cross* dan *stop line* adalah 1 meter. Ketentuan ini bertujuan untuk menjamin keselamatan pejalan kaki saat menyeberang dan menghindari konflik langsung dengan kendaraan yang berhenti di garis henti.

Selain itu, untuk meningkatkan kewaspadaan pengguna jalan terhadap keberadaan simpang tidak bersinyal, diperlukan pemasangan rambu peringatan

keberadaan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) pada setiap lengan pendekat. Rambu ini berfungsi sebagai informasi dini bagi pengendara bahwa mereka akan memasuki simpang dengan pengaturan sinyal lalu lintas.

87 Seluruh rambu yang direncanakan ditempatkan sesuai dengan acuan dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas, di mana disebutkan bahwa rambu peringatan harus dipasang pada jarak 50 meter sebelum lokasi yang diperingatkan, terutama pada ruas jalan dengan kecepatan rencana di bawah 60 km/jam. Penambahan geometri pada pendekat Utara (Jalan Ki Ageng Gribig), direncanakan penambahan lebar lajur sebesar 1 meter, karena terdapat ruang/lahan yang memungkinkan untuk pelebaran. Rencana ini juga mencakup pemindahan tiang listrik yang posisinya terlalu dekat dengan badan jalan, guna mendukung keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan.

10 Dalam proses perencanaan dan evaluasi simpang, pembuatan desain layout setelah rekayasa tidak semata-mata ditujukan untuk memperbaiki kinerja operasional simpang secara langsung, melainkan lebih berfungsi sebagai representasi visual terhadap perubahan fisik yang dilakukan. Desain ini dibuat untuk menggambarkan secara jelas dan detail komponen-komponen yang ditambahkan maupun dimodifikasi setelah dilakukan rekayasa lalu lintas.

Beberapa aspek yang diperlihatkan dalam desain layout ini antara lain adalah penambahan rambu lalu lintas, pemasangan marka jalan, perubahan geometri simpang. Komponen-komponen tersebut bertujuan untuk mendukung implementasi sistem pengaturan lalu lintas yang baru, seperti pemasangan APILL, serta memberikan informasi yang lebih komprehensif terkait hasil akhir dari rekayasa yang telah dilakukan.

Dengan demikian, desain layout ini bersifat deskriptif, bukan merupakan alat ukur langsung terhadap kinerja simpang, tetapi berfungsi sebagai dokumen pendukung visual untuk menjelaskan perubahan geometrik dan perlengkapan lalu lintas yang diterapkan guna mendukung sistem pengaturan baru yang telah dirancang.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan berikut disusun berdasarkan hasil analisis terhadap perencanaan rekayasa simpang bersinyal (APILL) yang diterapkan pada Simpang Jembatan Kedungkandang.

8. Pada kondisi eksisting Simpang Jembatan Kedungkandang memiliki tipe 322 M dimana pada jalur mayor pendekat Selatan terdapat 2 lajur dengan median dan 2 lajur pada pendekat minor. Berdasarkan hasil analisis pada volume didapatkan bahwa pada jam puncak memiliki volume sebesar 2.209,8 smp/jam yaitu pukul 16.15-17.15 WIB.
9. Hasil analisis menunjukkan bahwa, untuk meningkatkan kinerja lalu lintas pada simpang, diterapkan desain perencanaan rekayasa lalu lintas yaitu tujuh skenario pengaturan sinyal (*plan*) yang disesuaikan dengan kondisi lalu lintas pada masing-masing periode. Setiap *plan* dirancang dengan waktu siklus dan durasi lampu hijau yang berbeda-beda agar mampu merespons dinamika lalu lintas secara lebih optimal. Dalam penerapannya, seluruh *plan* menggunakan konfigurasi empat fase terlindung dengan *early cut off*, yang dipilih untuk mengurangi waktu tundaan dan meminimalkan panjang antrean kendaraan terutama pada akses jembatan serta dapat mengurangi konflik yang terjadi pada simpang. Setelah penerapan rekayasa waktu sinyal, terjadi penurunan antrean yang signifikan, sehingga beban kendaraan yang berhenti di atas jembatan dapat ditekan. Hal ini diharapkan dapat memperpanjang umur layanan struktur jembatan akibat berkurangnya beban diam secara berulang.
10. Hasil kinerja pemodelan mikrosimulasi VISSIM sebelum dilakukan rekayasa dan sesudah dilakukan rekayasa simpang tidak bersinyal pada Simpang Jembatan Kedungkandang menunjukkan bahwa penerapan pengaturan APILL dengan empat fase terlindung dengan *early cut off* efektif untuk meningkatkan kinerja simpang. Parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja simpang meliputi panjang antrean dan tundaan. Berdasarkan hasil kinerja menggunakan

pemodelan mikrosimulasi VISSIM, diperoleh rata-rata panjang antrean mengalami penurunan dibandingkan dengan hasil kinerja eksisting atau sebelum diterapkannya rekayasa waktu sinyal. Dimana arah Barat mengalami peningkatan dengan rata-rata panjang antrean sebesar 86 meter dan waktu tundaan (*delay*) sebesar 62 detik. Sementara itu, arah Utara, Selatan, dan Barat Daya menunjukkan nilai negatif pada panjang antrean maupun tundaannya. Nilai negatif ini mengindikasikan adanya penurunan baik pada panjang antrean maupun waktu tundaan sebagai hasil dari upaya rekayasa lalu lintas yang telah diterapkan. Dengan kata lain, rekayasa lalu lintas memberikan dampak positif terhadap kelancaran arus kendaraan di simpang tersebut.

11. Dalam perencanaan desain layout rekayasa lalu lintas pada Simpang Jembatan Kedungkandang, Kota Malang, diperlukan dukungan berupa penambahan perlengkapan jalan untuk menunjang kelancaran dan keselamatan lalu lintas. Fasilitas yang dimaksud meliputi marka stop line dan zebra cross, yang penempatannya mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 67 Tahun 2018 tentang Marka Jalan. Selain itu, juga dibutuhkan penambahan rambu lalu lintas, seperti rambu peringatan keberadaan APILL dan rambu petunjuk fasilitas penyeberangan pejalan kaki, yang pemasangannya merujuk pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas. Pada pendekatan Utara (Jalan Ki Ageng Gribig), direncanakan penambahan lebar lajur sebesar 1 meter, karena terdapat ruang/lahan yang memungkinkan untuk pelebaran. Rencana ini juga mencakup pemindahan tiang listrik yang posisinya terlalu dekat dengan badan jalan, guna mendukung keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan.

6.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan evaluasi pasca-implementasi desain simpang APILL yang direncanakan, untuk memastikan bahwa solusi yang diterapkan benar-benar memberikan peningkatan kinerja lalu lintas secara nyata di lapangan.

2. Sosialisasi kepada masyarakat pengguna jalan mengenai penerapan sistem APILL sangat penting agar adaptasi terhadap perubahan pengaturan lalu lintas dapat berjalan lancar dan tidak menimbulkan kebingungan saat operasional awal.
3. Perlu dilakukan perawatan dan monitoring berkala terhadap struktur Jembatan Kedungkandang, khususnya setelah implementasi pengaturan lalu lintas baru, mengingat beban diam akibat antrean kendaraan dapat berdampak terhadap umur layanan jembatan.
- 145 4. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengevaluasi dampak penerapan sistem sinyal terhadap emisi kendaraan, efisiensi bahan bakar, atau pengaruh terhadap perilaku pengguna jalan, serta dengan melibatkan teknologi sensor dan data *real-time* untuk penyesuaian otomatis sinyal (*adaptive signal control*).
- 50 5. Pada penelitian berikutnya, pengumpulan data volume kendaraan dapat dilakukan dengan survey CTMC, yang mencakup waktu pengamatan tidak hanya pada jam sibuk hari kerja (weekday) tetapi juga pada akhir pekan (weekend). Dengan adanya variasi waktu pengambilan data ini, hasil analisis akan menjadi lebih representatif terhadap kondisi lalu lintas yang dinamis di berbagai hari dan waktu, sehingga dapat mencerminkan karakteristik lalu lintas secara lebih menyeluruh.
- 148 6. Perbaikan analisis kinerja lalu lintas pada penelitian selanjutnya sebaiknya tidak hanya terbatas pada dua indikator utama seperti panjang antrean dan tundaan saja, tetapi juga mencakup derajat kejenuhan sebagai indikator tambahan. Derajat kejenuhan memberikan gambaran mengenai tingkat pemanfaatan kapasitas simpang dan sangat penting dalam menentukan apakah simpang telah mendekati kondisi jenuh atau masih memiliki ruang sirkulasi lalu lintas yang memadai. Dengan menambahkan indikator ini, hasil evaluasi dan rekomendasi rekayasa lalu lintas akan menjadi lebih komprehensif dan akurat sebagai dasar perencanaan perbaikan sistem transportasi di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2024). Kota Malang Dalam Angka 2024 (Vol. 45). BPS Kota Malang.
- Boy, W. (2024). Jurnal Rivet (Riset Dan Inovasi Teknologi) Analisis Konflik Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus : Simpang 3 Parak Gadang, Kota Padang).
- Aziza, N. (2023). Metodologi Penelitian 1: Deskriptif Kuantitatif. Universitas Maarif Hasyim Latif Sidoarjo.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023), Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Hartono, H., Wibowo, A. W., & Lestari, F. (2021). Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas Pada Kawasan Simpang 3 (Tiga) Jembatan Ngujang - Jalan Raya Ngantru. Jurnal Penelitian Transportasi Darat, 23(2), 204–216.
- Hasanuddin, J., Santiago, J., Pogidon, D. J., Adesyafitri, T., Paendong, A., Timboeleng, J. A., & Rompis, S. Y. R. (1847). Analisa Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tak Bersinyal Lengan Tiga. Jurnal Sipil Statik, 8(5), 809–822.
- Hidayat, D. W., Atmajaya, A. B., Suartawan, P. E. S., & Bawa, K. A. (2023). Evaluasi Efektifitas Pengaturan Sinyal Pada Simpang 5 Balapan Untuk Meningkatkan Kinerja Simpang Dengan Pendekatan Pkji 2023 Dan Vissim. Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal Of Road Safety), 10(2), 91–101.
- Hormansyah, D. S., & Amalia, E. L. (2016). Penggunaan Vissim Model Pada Jalur Lalu Lintas Empat Ruas. In Jurnal Teknologi Informasi (Vol. 7, Issue 1).
- Jepriadi, K. (2022). Kalibrasi Dan Validasi Model Vissim Untuk Mikrosimulasi Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Tol Dengan Lajur Khusus Angkutan Umum (Lkau). Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal Of Road Safety), 9(2), 110–118.
- Kasus, S., Jalan Veteran, S., Dan Budi Karya Pontianak, P., Barat Pebriyetti, K. S., & Widodo, S. (2014). Penggunaan Software Vissim Untuk Analisa Simpang Bersinyal.
- Melenia Leimena, I., Wahyurianti, S., Wiyono, E., Sofyan Rizal, R., Sofyan Rizal Teknik Sipil, R., Negeri Jakarta Jalan Ga Siwabessy, P. D., & Beji, K. (2021). Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tlajung Gunung Putri, Kabupaten Bogor). In Rikki Sofyan Rizal Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan (Vol. 7, Issue 3).
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014 Tentang Rambu Lalu Lintas.

- 57 Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2015 Tentang Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan.
- 1 Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 67 Tahun 2018 Tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 34 Tahun 2014 Tentang Marka Jalan.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas.
- 19 Prasetyo, H. E., Setiawan, A., & Pradana, D. A. (2022). Kinerja Simpang Empat Tak Bersinyal Berdasarkan Derajat Kejenuhan Pada Jalan Raya Mabas Hankam-Jalan Raya Setu, Jakarta Timur. In *Jurnal Konstruksia* (Vol. 13).
- 1 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 1993 Tentang Prasarana Dan Lalu Lintas Jalan.
- 53 Rafii Assajid, S., Khoiron, & Wulan Sekarsari, R. (2024). Analisis Kebijakan Penanganan Kemacetan Kota Malang Dalam Sudut Pandang Sound Governance. *Journal Of Governance Innovation*, 6(1), 92–105.
- 55 Ramadhani, R., Aini, A. F., & Hidayah, N. (2021). Urgensi Transportasi Lrt dalam Menekan Kerugian di Bidang Ekonomi Akibat Kemacetan di Perkotaan: Studi Kasus Kota Malang. *Jurnal Wilayah Dan Kota*, 7(01), 9-17.
- 112 Ummiyah, M., & Patriotika, F. (2025). Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Menggunakan Metode Pkji 2023 (Vol. 6, Issue 2).
- 39 Yustiawinata, N., Subagyo, U., Poerwanto, J. A., Manajemen, M., Konstruksi, R., Sipil, J. T., Malang, N., Jurusan, D., Sipil, T., & Malang, P. N. (2021). Perencanaan Simpang Bersinyal Jalan Cokroaminoto-Jalan Pattimura-Jalan Trunojoyo Kota Malang (Vol. 2, Issue 2).
- 96

LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir CTMC Pendekat Utara

POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN TAHUN AJARAN 2023/2024															
FORMULIR SURVEI CTMC															
NAMA SURVEYOR	SP. JEMBATAN KEDUNGKANDANG											Hari			
NAMA SIMPANG	UTARA											Tanggal			
PENDAKAT												Waktu			
CUACA												PEAK			
WAKTU	Arah	SM		MP				KS		BB		TB		UM	TOTAL
		Sepeda Motor	MPU	Mobil pribadi	Pick up	Mini bus	Truk kecil	Bus sedang	Truk sedang	Bus besar	Truk besar	Truk gandeng	Pejalan kaki	Sepeda	
05.00-05.15	↑	75	0	10	5	2	2	0	3	2	0	0	0	99	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	50	0	5	2	0	0	0	3	0	0	0	0	60	
05.15-05.30	↑	104	0	5	5	0	5	0	4	0	3	2	0	128	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	62	0	7	3	0	0	0	2	0	0	0	0	74	
05.30-05.45	↑	128	0	20	9	2	3	0	6	0	3	0	0	171	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	76	0	5	2	0	0	0	2	0	0	0	0	85	
05.45-06.00	↑	123	0	17	9	0	3	0	9	3	0	0	0	169	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	55	0	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	65	
06.00-06.15	↑	177	0	31	7	0	2	0	6	0	0	2	0	227	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	86	0	10	6	2	2	0	3	0	0	0	0	109	
06.15-06.30	↑	242	0	37	9	2	5	0	6	3	0	0	0	304	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	138	0	12	3	0	0	0	0	0	0	0	2	155	
06.30-06.45	↑	309	0	43	6	2	5	0	5	0	3	3	0	376	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	189	0	26	6	0	0	0	2	0	0	0	0	223	
06.45-07.00	↑	311	0	38	9	0	6	3	9	0	0	0	0	376	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	192	0	16	2	0	2	0	3	2	0	0	0	215	
07.00-07.15	↑	315	0	41	6	3	9	0	9	2	2	0	0	390	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	183	0	13	3	0	2	0	2	0	0	0	0	203	
07.15-07.30	↑	298	0	42	7	3	3	0	9	0	2	0	0	364	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	175	0	14	3	2	2	0	0	0	0	0	3	199	
07.30-07.45	↑	267	0	39	7	0	3	0	3	2	3	3	0	327	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	149	0	21	3	0	0	0	3	0	0	0	2	178	
07.45-08.00	↑	287	0	42	7	6	5	2	7	9	0	0	0	365	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	131	0	22	3	0	2	0	2	0	0	0	0	160	
08.00-08.15	↑	187	0	29	5	2	6	0	9	0	3	0	0	251	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	122	0	22	6	3	3	0	0	2	0	0	0	158	
08.15-08.30	↑	180	0	27	8	2	7	0	9	0	3	2	0	238	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	110	0	17	5	0	2	0	2	0	2	0	0	138	
08.30-08.45	↑	176	0	35	6	2	6	0	6	0	2	0	0	233	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	102	0	26	6	2	0	0	0	0	0	0	3	139	
08.45-09.00	↑	170	0	36	4	2	5	0	4	0	0	0	0	221	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	104	0	19	6	0	3	0	3	0	0	0	0	135	
09.00-09.15	↑	158	0	31	5	0	5	0	5	0	0	0	0	204	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	99	0	16	3	0	2	0	3	0	0	0	0	123	
09.15-09.30	↑	160	0	35	7	0	4	0	6	0	0	0	0	212	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	100	0	17	4	0	2	0	4	0	0	0	0	127	
09.30-09.45	↑	143	0	44	11	0	4	0	8	0	0	0	0	210	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	100	0	16	4	0	2	0	4	0	0	0	0	126	
09.45-10.00	↑	127	0	46	11	0	4	0	10	0	0	0	0	198	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	96	0	14	4	0	2	0	2	0	0	0	0	118	
10.00-10.15	↑	100	0	34	7	0	3	0	10	0	0	0	0	154	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	77	0	13	2	0	2	0	2	0	0	0	0	96	
10.15-10.30	↑	97	0	36	5	0	3	0	8	0	0	0	0	149	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	69	0	8	3	0	3	0	3	0	0	0	0	86	
10.30-10.45	↑	110	0	34	8	0	3	0	6	0	0	0	0	161	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	84	0	14	2	0	2	0	2	0	0	0	0	104	
10.45-11.00	↑	119	0	33	8	0	3	0	7	0	0	0	0	170	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	92	0	14	5	0	2	0	2	0	0	0	0	115	
11.00-11.15	↑	124	0	39	8	0	3	0	5	0	0	0	0	179	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	97	0	15	5	0	2	0	2	0	0	0	0	121	
11.15-11.30	↑	129	0	42	8	0	3	0	7	0	0	0	0	189	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	86	0	15	5	0	2	0	2	0	0	0	0	110	
11.30-11.45	↑	134	0	43	5	0	3	0	8	0	0	0	0	193	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	89	0	16	2	0	2	0	2	0	0	0	0	111	
11.45-12.00	↑	138	0	48	9	0	3	0	5	0	0	0	0	203	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	92	0	16	8	0	2	0	2	0	0	0	0	120	
12.00-12.15	↑	148	0	48	9	3	7	2	4	0	3	0	0	234	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	92	0	29	3	0	3	0	3	0	0	0	0	130	
12.15-12.30	↑	164	0	45	8	2	6	3	7	0	0	0	0	235	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	86	0	27	8	2	5	0	2	0	0	0	0	131	
12.30-12.45	↑	153	0	53	7	3	4	0	9	0	3	0	0	232	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	88	0	35	7	0	8	0	3	0	0	0	0	141	
12.45-13.00	↑	154	0	47	9	3	6	0	8	0	2	0	0	229	
	↘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	↙	73	0	21	8	2	5	0	2	0	0	0	0	111	

13.00-13.15	T	138	0	41	7	2	7	0	7	0	3	0	0	0	205
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	88	0	32	8	0	5	0	3	0	2	0	0	0	138
13.15-13.30	T	130	0	42	9	0	8	0	8	0	3	0	0	2	202
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	73	0	26	5	0	5	0	2	0	0	0	0	0	111
13.30-13.45	T	127	0	49	10	0	5	0	7	0	2	0	0	0	200
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	84	0	46	5	0	3	0	2	0	0	0	0	0	140
13.45-14.00	T	127	0	44	7	0	9	0	5	0	2	2	0	0	196
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	81	0	37	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121
14.00-14.15	T	116	0	41	5	0	2	0	2	0	2	2	0	0	170
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	77	0	35	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117
14.15-14.30	T	118	0	41	8	0	3	0	2	0	2	2	0	0	176
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	78	0	32	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
14.30-14.45	T	127	0	35	9	0	5	0	2	0	2	2	0	0	182
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	77	0	27	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107
14.45-15.00	T	143	0	32	10	0	3	0	3	0	2	2	0	0	195
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	88	0	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104
15.00-15.15	T	143	0	28	3	2	3	0	3	0	2	2	0	0	186
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	89	0	15	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	109
15.15-15.30	T	177	0	35	5	2	3	0	3	0	2	2	0	0	229
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	109	0	18	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	134
15.30-15.45	T	211	0	41	5	2	3	0	3	0	3	3	0	0	271
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	129	0	21	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	157
15.45-16.00	T	247	0	48	5	2	5	0	5	0	3	3	0	0	318
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	150	0	24	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	181
16.00-16.15	T	248	0	59	5	0	5	3	7	0	0	0	0	0	327
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	153	0	26	6	0	3	0	3	0	0	0	0	0	191
16.15-16.30	T	251	0	54	8	3	8	0	7	2	2	0	0	3	338
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	146	0	28	5	0	2	0	2	0	0	0	0	0	183
16.30-16.45	T	237	0	56	11	3	7	0	7	0	2	0	0	0	323
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	140	0	24	3	2	2	0	0	0	0	0	0	3	174
16.45-17.00	T	195	0	53	9	2	6	0	3	0	2	0	0	0	270
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	71	0	32	9	2	3	0	3	0	0	0	0	0	120
17.00-17.15	T	192	0	51	10	0	5	0	9	0	0	0	0	0	267
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	76	0	38	11	0	5	0	2	0	0	0	0	0	132
17.15-17.30	T	184	0	48	4	0	5	0	5	0	3	0	0	0	248
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	63	0	42	5	0	2	0	3	0	0	0	0	0	115
17.30-17.45	T	166	0	45	7	2	6	0	5	2	2	0	0	0	235
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	56	0	23	5	2	3	0	5	0	0	0	0	0	94
17.45-18.00	T	142	0	41	5	2	5	0	7	2	5	0	0	0	209
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	59	0	14	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	79
18.00-18.15	T	95	0	48	9	0	0	0	5	0	5	0	0	0	162
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	51	0	15	5	0	3	0	5	0	3	0	0	0	82
18.15-18.30	T	81	0	39	4	2	4	0	5	0	5	0	0	0	140
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	47	0	20	5	0	0	0	2	0	2	0	0	0	76
18.30-18.45	T	69	0	30	2	2	2	2	4	0	4	0	0	0	115
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	47	0	9	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	68
18.45-19.00	T	61	0	20	6	2	2	0	5	0	2	0	0	0	98
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	30	0	16	2	0	2	0	5	2	0	0	0	0	57
19.00-19.15	T	54	0	22	4	4	0	0	5	0	2	0	0	0	91
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	28	0	18	5	2	3	0	2	0	4	0	0	0	62
19.15-19.30	T	62	0	23	4	2	0	0	7	0	0	0	0	0	98
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	32	0	13	4	2	2	0	2	0	0	0	0	0	55
19.30-19.45	T	60	0	25	5	0	2	0	11	0	5	0	0	0	108
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	32	0	15	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	55
19.45-20.00	T	56	0	28	5	2	0	0	10	0	5	0	0	0	106
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	34	0	9	4	2	2	0	2	0	0	0	0	0	53
20.00-20.15	T	50	0	22	5	2	0	0	9	0	7	0	0	0	95
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	36	0	13	2	0	0	0	9	0	0	0	0	0	60
20.15-20.30	T	45	0	24	5	2	2	0	15	0	8	0	0	0	101
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	38	0	13	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	57
20.30-20.45	T	46	0	20	5	2	0	0	6	0	4	0	0	0	83
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	34	0	9	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	47
20.45-21.00	T	47	0	22	5	0	0	0	9	0	0	0	0	0	83
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	24	0	8	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	36

21.00-21.15	T	49	0	18	4	2	2	0	11	0	0	0	0	0	86
	N	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	30	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
21.15-21.30	T	47	0	15	3	2	2	0	2	0	0	0	0	0	71
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	25	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
21.30-21.45	T	39	0	13	2	2	2	0	13	0	0	0	0	0	71
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	21	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
21.45-22.00	T	32	0	9	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	49
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	16	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
22.00-22.15	T	24	0	8	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	40
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	14	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
22.15-22.30	T	21	0	6	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	35
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	12	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
22.30-22.45	T	16	0	5	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	29
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	8	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
22.45-23.00	T	14	0	5	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	25
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
23.00-23.15	T	7	0	3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	13
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
23.15-23.30	T	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
23.30-23.45	T	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
23.45-00.00	T	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
00.00-00.15	T	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
00.15-00.30	T	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
00.30-00.45	T	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
00.45-01.00	T	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
01.00-01.15	T	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
01.15-01.30	T	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
01.30-01.45	T	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
01.45-02.00	T	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
02.00-02.15	T	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
02.15-02.30	T	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
02.30-02.45	T	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
02.45-03.00	T	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
03.00-03.15	T	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
03.15-03.30	T	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
03.30-03.45	T	14	0	3	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	21
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	9	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	13
03.45-04.00	T	22	0	3	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	29
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	14	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	18
04.00-04.15	T	32	0	5	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	42
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	22	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	27
04.15-04.30	T	41	0	6	3	2	2	0	3	2	0	0	0	0	59
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	29	0	3	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	37
04.30-04.45	T	50	0	7	3	2	2	0	3	2	0	0	0	0	69
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	36	0	3	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	44
04.45-05.00	T	63	0	9	3	2	2	0	3	2	0	0	0	0	84
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	43	0	3	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	51
TOTAL		16198	0	3794	764	135	394	17	609	37	137	32	0	28	22145

Lampiran 2 Formulir CTMC Pendekat Selatan

POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN TAHUN AJARAN 2023/2024															
FORMULIR SURVEI CTMC															
NAMA SURVEYOR		SP. JEMBATAN KEDUNGKANDANG										Hari			
NAMA SIMPANG		SELATAN										Tanggal			
PENDEKAT												Waktu			
CUACA												PEAK			
WAKTU	Arah	SM		MP				KS		BB		TB		UM	TOTAL
		Sepeda Motor	MPU	Mobil pribadi	Pik up	Mini bus	Truk kecil	Bus sedang	Truk sedang	Bus besar	Truk besar	Truk gandeng	Pejalan kaki	Sepeda	
05.00-05.15	↑	37	0	11	5	0	2	0	5	0	0	0	0	0	62
	↘	70	0	3	4	0	3	0	0	0	0	0	0	80	
	∑	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05.15-05.30	↑	55	0	11	2	0	0	0	13	0	0	0	0	84	
	↘	109	0	10	7	0	3	0	0	0	0	0	0	129	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05.30-05.45	↑	70	0	27	3	0	0	0	8	0	0	0	0	108	
	↘	120	0	18	3	0	2	0	0	0	0	0	0	143	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05.45-06.00	↑	86	0	25	6	0	2	2	6	0	0	0	0	129	
	↘	142	0	22	6	0	2	0	0	0	0	0	0	172	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06.00-06.15	↑	150	0	31	4	2	0	2	13	2	0	0	0	204	
	↘	203	0	50	2	0	2	0	0	0	0	0	0	257	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06.15-06.30	↑	229	0	38	7	0	2	0	10	0	0	0	0	286	
	↘	269	0	48	3	0	3	0	0	0	0	0	0	323	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06.30-06.45	↑	214	0	43	7	0	0	0	13	2	0	0	0	279	
	↘	356	0	53	3	0	3	0	0	0	0	0	0	415	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06.45-07.00	↑	221	0	50	6	0	0	0	13	0	2	0	0	294	
	↘	374	0	61	3	0	2	0	0	0	0	0	0	440	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07.00-07.15	↑	184	0	50	3	3	3	0	8	0	0	0	0	251	
	↘	393	0	45	5	0	0	0	0	0	0	0	0	443	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07.15-07.30	↑	203	0	53	13	0	3	0	7	0	0	0	0	279	
	↘	324	0	59	14	0	6	0	0	0	0	0	0	403	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07.30-07.45	↑	204	0	47	7	0	2	0	8	2	2	0	0	274	
	↘	338	0	50	8	0	3	0	0	0	0	0	0	399	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07.45-08.00	↑	214	0	72	14	0	3	0	16	0	0	0	0	319	
	↘	293	0	56	6	0	5	0	0	0	0	0	0	360	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08.00-08.15	↑	192	0	64	14	0	3	0	11	0	0	0	0	284	
	↘	263	0	50	5	0	5	0	0	0	0	0	0	323	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08.15-08.30	↑	174	0	60	13	0	3	0	12	0	0	0	0	262	
	↘	237	0	45	5	0	4	0	0	0	0	0	0	291	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08.30-08.45	↑	173	0	60	13	0	3	0	10	0	0	0	0	259	
	↘	235	0	45	6	0	4	0	0	0	0	0	0	290	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08.45-09.00	↑	155	0	53	11	0	3	0	13	0	0	0	0	235	
	↘	212	0	41	4	0	3	0	0	0	0	0	0	260	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09.00-09.15	↑	140	0	48	14	0	3	0	12	0	0	0	0	217	
	↘	190	0	37	4	0	3	0	0	0	0	0	0	234	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09.15-09.30	↑	151	0	52	23	0	4	0	11	0	0	0	0	241	
	↘	203	0	40	4	0	4	0	0	0	0	0	0	251	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09.30-09.45	↑	134	0	47	22	0	4	0	12	0	0	0	0	219	
	↘	186	0	37	4	0	4	0	0	0	0	0	0	231	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09.45-10.00	↑	124	0	42	19	0	4	0	10	0	0	0	0	199	
	↘	168	0	32	4	0	4	0	0	0	0	0	0	208	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.00-10.15	↑	122	0	88	23	0	8	0	8	0	0	0	0	249	
	↘	190	0	26	6	0	0	0	0	0	0	0	0	222	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.15-10.30	↑	107	0	31	25	0	8	0	6	0	0	0	0	177	
	↘	170	0	23	4	0	0	0	0	0	0	0	0	197	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.30-10.45	↑	97	0	88	28	0	8	0	6	0	0	0	0	227	
	↘	161	0	23	4	0	0	0	0	0	0	0	0	188	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.45-11.00	↑	88	0	94	32	0	12	0	6	0	0	0	0	232	
	↘	179	0	25	4	0	0	0	0	0	0	0	0	208	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11.00-11.15	↑	81	0	81	29	0	8	0	10	0	0	0	0	209	
	↘	170	0	23	5	0	0	0	0	0	0	0	0	198	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11.15-11.30	↑	92	0	81	32	0	7	0	5	0	2	0	0	219	
	↘	177	0	26	2	0	2	0	0	0	0	0	0	207	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11.30-11.45	↑	116	0	81	35	0	10	0	5	0	2	0	0	249	
	↘	188	0	27	2	0	2	0	0	0	0	0	0	219	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11.45-12.00	↑	134	0	84	37	0	13	0	7	0	3	0	0	278	
	↘	205	0	29	3	0	3	0	0	0	0	0	0	240	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12.00-12.15	↑	170	0	92	43	0	13	0	8	0	3	0	0	329	
	↘	219	0	34	3	0	3	0	0	0	0	0	0	259	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12.15-12.30	↑	162	0	95	42	0	13	0	8	0	3	0	0	323	
	↘	231	0	32	3	0	3	0	0	0	0	0	0	269	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12.30-12.45	↑	154	0	89	40	0	13	0	7	0	3	0	0	306	
	↘	248	0	30	3	0	3	0	0	0	0	0	0	284	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12.45-13.00	↑	145	0	86	37	0	13	0	7	0	3	0	0	291	
	↘	237	0	27	3	0	3	0	0	0	0	0	0	270	
	∑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

13.00-13.15	T	140	0	81	35	0	13	0	7	0	3	0	0	0	279
	N	224	0	27	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	257
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.15-13.30	T	131	0	77	34	0	11	0	7	0	3	0	0	0	263
	N	213	0	26	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	245
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.30-13.45	T	126	0	73	32	0	11	0	5	0	3	0	0	0	250
	N	203	0	24	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	233
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.45-14.00	T	131	0	76	32	0	11	0	7	0	3	0	0	0	260
	N	211	0	26	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	243
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.00-14.15	T	127	0	73	32	0	11	0	5	0	3	0	0	0	251
	N	204	0	23	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	234
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.15-14.30	T	132	0	76	34	0	13	0	7	0	3	0	0	0	265
	N	213	0	24	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	243
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.30-14.45	T	127	0	72	32	0	11	0	7	0	3	0	0	0	252
	N	204	0	23	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	233
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.45-15.00	T	153	0	30	30	0	0	0	7	0	0	0	0	0	220
	N	229	0	29	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	263
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.00-15.15	T	122	0	31	19	0	0	0	6	2	0	0	0	0	180
	N	203	0	31	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	246
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.15-15.30	T	130	0	32	19	0	0	0	7	2	0	0	0	0	190
	N	215	0	35	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	258
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.30-15.45	T	161	0	39	21	0	0	0	10	2	0	0	0	0	233
	N	269	0	51	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	330
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.45-16.00	T	163	0	51	21	0	0	0	10	2	0	0	0	0	247
	N	272	0	41	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	323
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.00-16.15	T	167	0	55	27	0	0	0	10	0	2	0	0	2	263
	N	299	0	47	11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	359
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.15-16.30	T	140	0	41	22	3	3	0	6	0	0	0	0	0	215
	N	285	0	37	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.30-16.45	T	134	0	58	11	0	3	0	5	0	0	0	0	0	211
	N	246	0	46	15	0	5	0	0	0	0	0	0	0	312
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.45-17.00	T	128	0	45	9	0	3	0	7	0	0	0	0	0	192
	N	233	0	55	17	0	5	0	0	0	0	0	0	0	310
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.00-17.15	T	122	0	54	10	0	3	0	5	0	0	0	0	0	194
	N	221	0	58	21	0	4	0	0	0	0	0	0	0	304
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.15-17.30	T	115	0	51	8	0	3	0	5	0	0	0	0	0	182
	N	211	0	45	10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	270
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.30-17.45	T	110	0	49	8	0	3	0	5	0	0	0	0	0	175
	N	200	0	43	8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	255
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.45-18.00	T	104	0	47	7	0	3	0	5	0	0	0	0	0	166
	N	191	0	41	8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	244
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.00-18.15	T	94	0	43	6	0	2	0	5	0	0	0	0	0	150
	N	172	0	37	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	220
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.15-18.30	T	89	0	42	6	0	2	0	5	0	0	0	0	0	144
	N	163	0	35	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	209
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.30-18.45	T	80	0	39	5	0	2	0	4	0	0	0	0	0	130
	N	146	0	31	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	186
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.45-19.00	T	72	0	26	5	0	2	0	4	0	0	0	0	0	109
	N	132	0	29	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	169
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.00-19.15	T	66	0	23	5	0	2	0	4	0	0	0	0	0	100
	N	119	0	26	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	153
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.15-19.30	T	58	0	21	5	0	2	0	14	0	0	0	0	0	100
	N	108	0	23	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	139
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.30-19.45	T	57	0	21	4	0	2	0	10	0	0	0	0	0	94
	N	107	0	23	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	139
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.45-20.00	T	53	0	18	4	0	2	0	13	0	0	0	0	0	90
	N	95	0	21	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	123
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.00-20.15	T	58	0	19	6	0	0	0	11	0	0	0	0	0	94
	N	103	0	21	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0	134
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.15-20.30	T	54	0	19	6	0	2	0	15	0	0	0	0	0	96
	N	99	0	21	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	128
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.30-20.45	T	52	0	19	4	0	2	0	9	0	0	0	0	0	86
	N	92	0	19	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	119
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.45-21.00	T	46	0	18	4	0	2	0	17	0	0	0	0	0	87
	N	84	0	19	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	111
	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

21.00-21.15	↑	37	0	14	4	0	2	0	13	0	0	0	0	0	70
	↘	70	0	16	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	92
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.15-21.30	↑	36	0	13	4	0	2	0	9	0	0	0	0	0	64
	↘	66	0	14	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	86
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.30-21.45	↑	29	0	10	3	0	2	0	3	0	0	0	0	0	47
	↘	52	0	11	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	68
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.45-22.00	↑	27	0	10	3	0	2	0	3	0	0	0	0	0	45
	↘	50	0	11	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	66
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.00-22.15	↑	26	0	10	3	0	2	0	3	0	0	0	0	0	44
	↘	47	0	10	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	62
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.15-22.30	↑	24	0	10	3	0	2	0	3	0	0	0	0	0	42
	↘	45	0	10	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	60
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.30-22.45	↑	23	0	10	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	40
	↘	41	0	10	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	56
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.45-23.00	↑	22	0	8	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	37
	↘	41	0	10	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	56
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.00-23.15	↑	23	0	6	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	33
	↘	43	0	6	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	52
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.15-23.30	↑	14	0	5	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	22
	↘	26	0	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	33
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.30-23.45	↑	9	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
	↘	16	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.45-00.00	↑	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	↘	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00.00-00.15	↑	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	↘	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00.15-00.30	↑	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	↘	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00.30-00.45	↑	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	↘	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00.45-01.00	↑	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	↘	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.00-01.15	↑	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	↘	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.15-01.30	↑	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	↘	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.30-01.45	↑	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	↘	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.45-02.00	↑	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	↘	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.00-02.15	↑	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	↘	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.15-02.30	↑	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	↘	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.30-02.45	↑	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	↘	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.45-03.00	↑	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	↘	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.00-03.15	↑	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	↘	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.15-03.30	↑	5	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	11
	↘	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.30-03.45	↑	7	0	3	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	14
	↘	14	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.45-04.00	↑	22	0	6	3	0	2	0	3	0	2	0	0	0	38
	↘	41	0	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	49
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.00-04.15	↑	26	0	7	3	0	2	0	3	0	2	0	0	0	43
	↘	51	0	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	59
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.15-04.30	↑	30	0	7	4	0	2	0	4	0	2	0	0	0	49
	↘	58	0	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	66
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.30-04.45	↑	32	0	8	4	0	2	0	4	0	2	0	0	0	52
	↘	64	0	3	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	73
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.45-05.00	↑	37	0	10	5	0	2	0	5	0	2	0	0	0	61
	↘	63	0	3	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	73
	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		22397		5755	1576	8	533	4	601	14	61	0	0	8	30957

Lampiran 4 Formulir CTMC Pendekat Barat

POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN TAHUN AJARAN 2023/2024																
FORMULIR SURVEI CTMC																
NAMA SURVEYOR		SP. JEMBATAN KEDUNGKANDANG										Hari				
NAMA SIMPANG		BARAT										Tanggal				
PENDEKAT												Waktu				
CUACA												PEAK				
WAKTU	Arah	SM	MP					KS			TB			UJ	TOTAL	
			Sepeda Motor	MPU	Mobil pribadi	Pick up	Mini bus	Truk kecil	Bus sedang	Truk sedang	Bus besar	Truk besar	Truk gandeng			Pejalan kaki
05.00-05.15	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	45	0	3	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	53
05.15-05.30	↑	104	0	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.30-05.45	↑	49	0	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
	↓	122	0	6	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	133
05.45-06.00	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	67	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
06.00-06.15	↑	113	0	5	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	127
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.15-06.30	↑	91	0	10	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	106
	↓	147	0	5	3	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	157
06.30-06.45	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	100	0	10	7	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	120
06.45-07.00	↑	178	0	13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.00-07.15	↑	143	0	10	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	163
	↓	256	0	18	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	283
07.15-07.30	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	143	0	8	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156
07.30-07.45	↑	563	0	17	8	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	393
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.45-08.00	↑	153	0	10	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	168
	↓	302	0	23	3	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	330
07.45-08.00	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	191	0	16	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	211
07.45-08.00	↑	318	0	35	10	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	366
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.45-08.00	↑	184	0	23	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	212
	↓	265	0	34	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	304
07.45-08.00	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	172	0	16	2	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	195
07.45-08.00	↑	227	0	31	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	265
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.45-08.00	↑	162	0	13	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	182
	↓	221	0	29	3	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	258
08.00-08.15	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	140	0	14	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	160
08.00-08.15	↑	203	0	25	5	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	239
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08.15-08.30	↑	145	0	13	7	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	171
	↓	184	0	23	7	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	219
08.15-08.30	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	134	0	11	5	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	154
08.15-08.30	↑	167	0	24	3	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	202
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08.15-08.30	↑	124	0	18	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147
	↓	158	0	19	5	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	188
08.45-09.00	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	105	0	16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124
09.00-09.15	↑	142	0	22	3	2	7	0	2	0	0	0	0	0	0	179
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.15-09.30	↑	95	0	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112
	↓	127	0	18	7	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	160
09.30-09.45	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	94	0	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110
09.30-09.45	↑	126	0	21	3	2	3	0	7	0	0	0	0	0	0	162
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.45-10.00	↑	89	0	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103
	↓	107	0	16	3	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	134
10.00-10.15	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	83	0	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	91
10.00-10.15	↑	111	0	14	11	0	3	0	3	0	0	0	0	0	2	142
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.15-10.30	↑	86	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95
	↓	127	0	15	11	0	3	0	3	0	0	0	0	0	2	159
10.30-10.45	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	91	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
10.30-10.45	↑	155	0	16	13	0	3	0	3	0	0	0	0	2	0	170
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.45-11.00	↑	100	0	5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111
	↓	142	0	14	8	0	3	0	3	0	0	0	0	2	0	170
11.00-11.15	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	113	0	5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124
11.00-11.15	↑	191	0	18	8	0	3	0	3	0	0	0	0	2	0	223
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.15-11.30	↑	118	0	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131
	↓	219	0	19	8	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	253
11.30-11.45	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	124	0	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137
11.45-12.00	↑	254	0	15	13	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	284
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.45-12.00	↑	131	0	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144
	↓	262	0	18	10	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	295
12.00-12.15	↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↓	143	0	7	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158
12.00-12.15	↑	272	0	21	15	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	312
	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.15-12.30	↑	126	0	5												

21.00-21.15	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	31	0	7	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
	Z	58	0	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
21.15-21.30	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	24	0	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
	Z	45	0	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
21.30-21.45	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	21	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
	Z	38	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46
21.45-22.00	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	19	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
	Z	34	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
22.00-22.15	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	15	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
	Z	26	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
22.15-22.30	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	13	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	Z	25	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
22.30-22.45	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	11	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	Z	18	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
22.45-23.00	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	7	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
	Z	15	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
23.00-23.15	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Z	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
23.15-23.30	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Z	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
23.30-23.45	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Z	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
23.45-00.00	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Z	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
00.00-00.15	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Z	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
00.15-00.30	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Z	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
00.30-00.45	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Z	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
00.45-01.00	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Z	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
01.00-01.15	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	Z	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
01.15-01.30	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	Z	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
01.30-01.45	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Z	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
01.45-02.00	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Z	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
02.00-02.15	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	Z	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
02.15-02.30	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Z	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
02.30-02.45	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	Z	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
02.45-03.00	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Z	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
03.00-03.15	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Z	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
03.15-03.30	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	Z	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
03.30-03.45	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	Z	16	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
03.45-04.00	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	14	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	Z	29	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
04.00-04.15	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	21	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
	Z	41	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
04.15-04.30	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	24	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
	Z	50	0	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
04.30-04.45	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	32	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
	Z	62	0	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
04.45-05.00	T																			

Lampiran 5 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Utara

POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI TIM PKL KOTA MALANG TAHUN 2025										FORMULIR SURVEI SPOTSPEED
Nama Jalan : SP JEMBATAN KEDUNGKANDANG										
Arah : UTARA										
Tanggal Survei :										
Surveyor :										
Cuaca :										
NO	LV				HV				SEPEDA MOTOR	
	MOBIL PRIBADI KECEPATAN	MINIBUS KECEPATAN	PICKUP KECEPATAN	BUS KECIL KECEPATAN	TRUK KECIL KECEPATAN	BUS SEDANG KECEPATAN	BUS BESAR KECEPATAN	TRUK SEDANG TRUK BESAR KECEPATAN		
1	19	25	29		25			27	24	22
2	22		23		23			21	26	39
3	38		24					24	20	25
4	31							19	23	50
5	22							21	22	28
6	22							26	26	49
7	24							23	19	49
8	37							19		46
9	34							26		50
10	35							28		35
11	20							28		38
12	37							20		46
13	34							22		34
14	39							21		41
15	35							24		38
16	29							22		28
17	38							26		42
18	30							21		48
19	19							24		50
20	21							22		27
21	31							19		26
22	20							21		43
23	23							20		48
24	39									34
25	36									33
26	34									34
27	33									29
28	36									41
29	26									48
30	31									50
31	34									38
32	36									46
33	35									25
34	32									23
35	31									29
36	25									25
37	36									31
38	20									26
39	21									40
40	35									50
41	33									22
42	32									45
43	27									42
44	35									23
45	28									34
46	20									35
47	37									43
48	21									32
49	31									25
50	35									40
51	20									28
52	19									33
53	36									46
54	24									28
55	29									22
56	37									26
57	23									31
58	24									36
59	35									26
60	36									25
61	21									47
62	23									39
63	27									38
64	38									33
65	33									29
66	29									51
67	23									41
68	34									39
69	36									50
70	24									49
71	19									22
72	37									37
73	22									37
74	36									24
75	25									39
76	25									22
77	26									38
78	38									34
79	25									37
80	22									31
81	34									24
82	29									31
83	21									22
84	21									40
85	25									41
86	38									47
87	34									23
88	28									31
89	39									25
90	21									26
91	29									51
92	19									29
93	23									49
94	30									
95	35									
96	32									
97	22									
98	28									
99	21									
100	38									

Lampiran 6 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Selatan

		POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI TIM PKL KOTA MALANG TAHUN 2025							FORMULIR SURVEI SPOTSPEED	
Nama Jalan		: SP JEMBATAN KEDUNGKANDANG								
Arah		: SELATAN								
Tanggal Survei		:								
Surveyor		:								
Cuaca		:								
		LV				HV			MC	
NO	MOBIL PRIBADI KECEPATAN	MINIBUS KECEPATAN	PICKUP KECEPATAN	BUS KECIL KECEPATAN	TRUK KECIL KECEPATAN	BUS SEDANG KECEPATAN	BUS BESAR KECEPATAN	TRUK SEDANG KECEPATAN	TRUK BESAR KECEPATAN	SEPEDA MOTOR KECEPATAN
1	28	22	24		18			28	24	42
2	31	19	20		23			22	24	43
3	34	34	22		32			23	19	32
4	33		24					21		32
5	28		25					28		42
6	28							20		35
7	25							23		44
8	30							24		32
9	28							21		38
10	29							20		41
11	29							24		41
12	28							20		43
13	26							22		35
14	30							21		45
15	32									40
16	30									43
17	31									43
18	30									42
19	32									41
20	26									31
21	31									34
22	32									35
23	33									38
24	34									45
25	27									36
26	29									43
27	27									33
28	25									37
29	30									35
30	30									31
31	29									41
32	28									43
33	32									36
34	31									36
35	34									43
36	31									35
37	27									45
38	24									35
39	32									37
40	30									39
41	29									44
42	25									37
43	24									39
44	24									37
45	24									43
46	24									41
47	30									36
48	28									40
49	28									31
50	25									35
51	24									34
52	25									31
53	31									45
54	26									32
55	33									35
56	34									44
57	25									37
58	25									45
59	25									45
60	32									37
61	28									43
62	34									42
63	25									43
64	28									33
65	26									40
66	26									39
67	25									33
68	27									39
69	34									41
70	28									45
71	24									35
72	26									39
73	36									45
74	20									41
75	21									40
76	37									37
77	34									44
78	29									38
79	35									43
80	26									35
81	37									33
82	25									39
83	39									31
84	38									34
85	19									34
86	35									38
87	22									25
88	34									30
89	23									34
90	20									38
91	24									41
92	19									34
93	35									26
94	32									37
95	23									29
96	30									25
97	33									26
98	20									
99	29									
100	37									

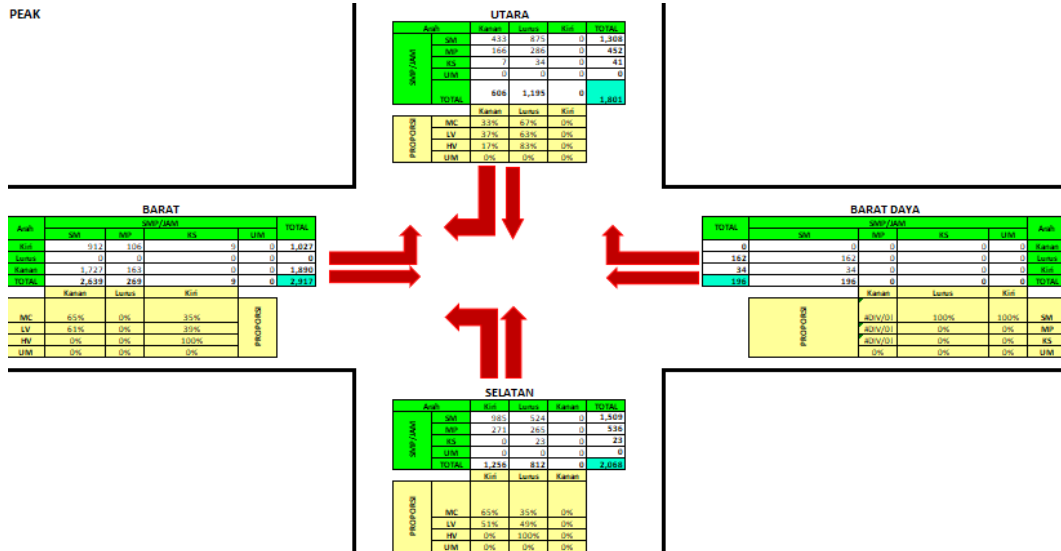
Lampiran 7 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Barat

		POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI TIM PKL KOTA MALANG TAHUN 2025						FORMULIR SURVEI SPOTSPEED	
Nama Jalan		: SP JEMBATAN KEDUNGKANDANG							
Arah		: BARAT							
Tanggal Survei		:							
Surveyor		:							
Cuaca		: 0							
NO	LV			HV				SEPEDA MOTOR	
	MOBIL PRIBADI KECEPATAN	MINIBUS KECEPATAN	PICKUP KECEPATAN	BUS KECIL KECEPATAN	TRUK KECIL KECEPATAN	BUS SEDANG KECEPATAN	BUS BESAR KECEPATAN		TRUK SEDANG KECEPATAN
1	26	25	29		25	26		23	42
2	21		23		23	24		22	43
3	23		24					22	32
4	19							21	32
5	22							24	42
6	23							25	35
7	20							21	44
8	21							19	32
9	26							18	38
10	25							21	41
11	25							20	41
12	25							26	43
13	26							27	35
14	21								45
15	20								40
16	25								43
17	27								43
18	23								42
19	19								41
20	22								31
21	25								34
22	21								35
23	24								38
24	21								45
25	20								36
26	22								43
27	19								33
28	26								37
29	20								35
30	22								31
31	26								41
32	27								43
33	20								36
34	22								36
35	22								43
36	24								35
37	27								45
38	20								35
39	21								37
40	25								39
41	25								44
42	23								37
43	21								39
44	20								37
45	22								43
46	25								41
47	27								36
48	25								40
49	22								31
50	26								35
51	27								34
52	19								31
53	25								45
54	27								32
55	24								35
56	26								44
57	21								37
58	25								45
59	21								45
60	20								37
61	19								43
62	23								42
63	20								43
64	23								33
65	25								40
66	22								39
67	26								33
68	21								39
69	24								41
70	25								45
71	22								35
72	19								39
73	23								45
74	24								41
75	33								40
76	19								37
77	29								44
78	21								38
79	25								43
80	24								35
81	34								33
82	22								39
83	29								31
84	23								34
85	35								34
86	29								38
87	35								25
88	33								30
89	24								34
90	34								38
91	33								41
92	19								34
93	32								26
94	26								37
95	36								29
96	19								24
97	34								22
98	25								
99	37								
100	30								

Lampiran 8 Formulir Survei Spot Speed Pendekat Barat Daya

		POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI TIM PKL KOTA MALANG TAHUN 2025							FORMULIR SURVEI SPOTSPEED	
Nama Jalan		: SP JEMBATAN KEDUNGKANDANG								
Arah		: BARAT DAYA								
Tanggal Survei										
Surveyor										
Cuaca		: 0								
NO	LV				HV				MC	
	MOBIL PRIBADI	MINIBUS	PICKUP	BUS KECIL	TRUK KECIL	BUS SEDANG	BUS BESAR	TRUK SEDANG		TRUK BESAR
	RECEPATA	RECEPATA	RECEPATA	RECEPATA	RECEPATA	RECEPATA	RECEPATA	RECEPATA	RECEPATA	RECEPATA
1										36
2										31
3										29
4										32
5										28
6										28
7										44
8										22
9										42
10										31
11										39
12										34
13										27
14										41
15										28
16										21
17										38
18										31
19										22
20										20
21										40
22										20
23										45
24										25
25										43
26										38
27										45
28										19
29										32
30										19
31										41
32										29
33										24
34										34
35										41
36										42
37										31
38										20
39										20
40										36
41										30
42										33
43										34
44										44
45										32
46										36
47										31
48										45
49										23
50										40
51										25
52										28
53										41
54										23
55										32
56										43
57										41
58										27
59										41
60										25
61										28
62										40
63										43
64										26
65										44
66										33
67										19
68										37
69										21
70										25
71										38
72										38
73										27
74										28
75										
76										
77										
78										
79										
80										
81										
82										
83										
84										
85										
86										
87										
88										
89										
90										
91										
92										
93										
94										
95										
96										
97										
98										
99										
100										

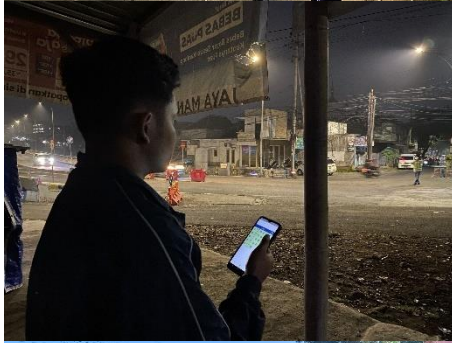
Lampiran 11 Diagram Flow Jam Puncak Sore



Lampiran 12 Formulir Survei Inventarisasi Simpang Kajian


FORMULIR SURVEI INVENTARISASI SIMPANG						
TIM PRAKTEK KERJA LAPANGAN KOTA MALANG TAHUN 2025						
POLITEKNIK TRANSPORTASIDARAT BALI						
TAHUN AJARAN 2024/2025						
FORMULIR SURVEI INVENTARISASI SIMPANG						
Nama Simpang		JEMBATAN KEDUNGKANDANG			Melintang	
Geometri Simpang		SIMPANG 3			U	
1	Node	1501				
2	Tipe Pendekat	322				
3	Tipe Simpang	TERLAWAN				
4	Fase Simpang					
Arah		Utara	Selatan	Barat Daya	Barat	
Ruas Jalan		JL. KI AGENG GRIBIG	JL. MAYJEN SUNKONO	JL. LINGKUNGAN	JL. MUHARTO	
APILL	Waktu Hijau				S	
	Waktu Merah					
	Waktu Kuning					
Lebar (m)	Lebar Pendekat Total (m)	8	14,8	4,5	10,9	BD
	Lebar Median (m)		0,6			
	Lebar Bahu Kanan (m)		0,5		0,6	
	Lebar Bahu Kiri (m)		0,4		0,6	B
	Lebar Trotoar Kanan (m)		0,8			
	Lebar Trotoar Kiri (m)		0,8			
	Lebar Drainase Kanan (m)					
Lebar Drainase Kiri (m)						
Lebar Jalur Efektif Pendekat (m)		11,4		9,7		
Lebar Lajur Pendekat (m)						
	Kiri	4	5,4	4,5	5,2	Simpang
	Kanan	4	6		4,5	
	Radius Simpang	10	6		10	
Hambatan Sampang		SEDANG	RENDAH	RENDAH	SEDANG	U
Tata Guna Lahan		KOMERSIAL	KOMERSIAL	PEMUKIMAN	KOMERSIAL	
Model Arus (Arah)		2 ARAH	2 ARAH	1 ARAH	2 ARAH	S
Kondisi Marka		PUDAR	PUDAR	TIDAK ADA	PUDAR	
Fasilitas Zebra Cross		TIDAK ADA	TIDAK ADA	TIDAK ADA	TIDAK ADA	
Marka Line Stop		TIDAK ADA	TIDAK ADA	TIDAK ADA	TIDAK ADA	
Fasilitas Ruang Khusus Roda 2		TIDAK ADA	TIDAK ADA	TIDAK ADA	TIDAK ADA	BD
Fasilitas Simpang		Jumlah	Jumlah	Jumlah	Jumlah	
	Rambu Larangan		3			
	Rambu Peringatan	2	1		2	
	Rambu Perintah		1			B
	Rambu Petunjuk					

Lampiran 13 Dokumentasi Survey









Lampiran 14 Lembar Asistensi Bimbingan

	KEMENTERIAN PERHUBUNGAN BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI		
	FORMULIR ASISTENSI BIMBINGAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN - MAGANG		
KODE FR.02.030	Tanggal Berlaku : 31 Agustus 2020	Revisi : -	Hal. : 1 / 3

**LAMPIRAN ASISTENSI TUGAS AKHIR
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI**

Nama : Dewa Gede Satria Wibawa Resiartha
 Notar : 2203026
 Program Studi : D-III Manajemen Transportasi Jalan
 Dosen Pembimbing : Aswin Badarudin Atmajaya, S.ST., M.A.P.
 Judul KKW/TA : Analisis Perencanaan Desain Simpang Jembatan Kedung
 kandang untuk Meningkatkan Kinerja Simpang dengan Pendekatan PKJI 2023 dan Vissim

Asistensi Ke-	Tanggal Asistensi	Evaluasi	Revisi	Tanda Tangan Dosen Pembimbing
1	Selasa, 29 April 2025	Latar Belakang: perkuat argumen tentang permasalahan yang ada di lokasi kajian. Penggunaan metode PKJI 2023 dan VISSIM, kenapa menggunakan ke 2 metode tersebut dan jelaskan.	Sudah direvisi	
2	Kamis, 26 Juni 2025	Perubahan dari simpang 3 menjadi simpang 4 dalam menganalisis simpang kajian	Sudah direvisi	
3	Selasa, 1 Juli 2025	Penentuan waktu siklus yang optimal dan cara pembagian plan pada simpang kajian	Sudah direvisi	
4	Jumat, 4 Juli 2025	Penentuan fase yang akan digunakan dalam rekayasa perencanaan perbaikan kinerja pada simpang kajian	Sudah direvisi	

	KEMENTERIAN PERHUBUNGAN BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI		
	FORMULIR ASISTENSI BIMBINGAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN - MAGANG		
KODE FR.02.030	Tanggal Berlaku : 31 Agustus 2020	Revisi : -	Hal. : 1 / 3

**LAMPIRAN ASISTENSI TUGAS AKHIR
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI**

Nama : Dewa Gede Satria Wibawa Resiartha
 Notar : 2203026
 Program Studi : D-III Manajemen Transportasi Jalan
 Dosen Pembimbing : Ir. Putu Eka Suartawan, S.T., M.T.
 Judul KKW/TA : Analisis Perencanaan Desain Simpang Jembatan Kedung
 kandang untuk Meningkatkan Kinerja Simpang dengan Pendekatan PKJI 2023 dan VISSIM

Asistensi Ke-	Tanggal Asistensi	Evaluasi	Revisi	Tanda Tangan Dosen Pembimbing
1	Jumat, 30 April 2025	BAB I – III, perkuat lagi latar belakang, tambahkan lampiran berupa formulir survey	Sudah direvisi	
2	Kamis, 3 Juli 2025	Penentuan cara pembagian plan pada simpang kajian	Sudah direvisi	
3	Jumat, 4 Juli 2025	Penentuan waktu siklus yang digunakan dalam setiap plan	Sudah direvisi	
4	Sabtu, 5 Juli 2025	Penentuan jam yang akan digunakan dalam perhitungan waktu siklus	Sudah direvisi	