

**OPTIMALISASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS: SIMPANG GANDULAN) DI KABUPATEN
PEMALANG**

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian Program Studi Diploma III
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya



DIAJUKAN OLEH:

IMANUEL JANPRIMO SIMANJUNTAK

NOTAR: 19.02.165

POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA–STTD

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III MANAJEMEN
TRANSPORTASI JALAN**

BEKASI

2022

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Kertas Kerja Wajib (KKW) ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip dan dirujuk telah saya nyatakan benar

Nama : Imanuel Janprimo Simanjuntak

Notar : 19.02.165

Tanda Tangan : 

Tanggal : 9 Agustus 2022

KERTAS KERJA WAJIB
OPTIMALISASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS: SIMPANG GANDULAN) DI KABUPATEN
PEMALANG

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan
Program Studi Diploma III Oleh:

IMANUEL JANPRIMO SIMANJUNTAK

Nomor Taruna: 19.02.165

**TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI PADA
TANGGAL AGUSTUS 2022 DAN DINYATAKAN TELAH LULUS
DAN MEMENUHI SYARAT**

Pembimbing

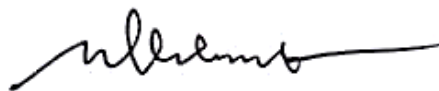


Dr. Ir. NICO D. DJAJASINGA, M.Sc

Tanggal: 9 Agustus 2022

NIP. 19571118 198303 1 001

Pembimbing



TORANG HUTABARAT, ATD, MM

Tanggal: 9 Agustus 2022

NIP. 19630611 198303 1 002

JURUSAN MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD
BEKASI, 2022

KERTAS KERJA WAJIB
OPTIMALISASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS: SIMPANG GANDULAN) DI KABUPATEN
PEMALANG

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan
Program Studi Diploma III Oleh:

IMANUEL JANPRIMO SIMANJUNTAK

Nomor Taruna: 19.02.165

**TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI PADA
TANGGAL AGUSTUS 2022 DAN DINYATAKAN TELAH LULUS
DAN MEMENUHI SYARAT**

Pembimbing

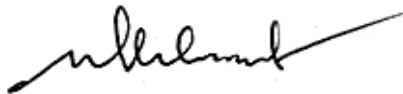


Dr. Ir. NICO D. DJAJASINGA, M.Sc

Tanggal: 9 Agustus 2022

NIP. 19571118 198303 1 001

Pembimbing



TORANG HUTABARAT, ATD, MM

Tanggal: 9 Agustus 2022

NIP. 19630611 198303 1 002

JURUSAN MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD
BEKASI, 2022

KERTAS KERJA WAJIB
OPTIMALISASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS: SIMPANG GANDULAN) DI KABUPATEN
PEMALANG

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

IMANUEL JANPRIMO SIMANJUNTAK

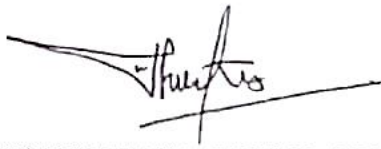
Nomor Taruna: 19.02.165

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI

PADA TANGGAL 9 AGUSTUS 2022

DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

DEWAN PENGUJI

Penguji I  <u>WISNU WARDANA KUSUMA, MM</u> NIP. 19851205 201012 1 003	Penguji II  <u>YANUAR DWI HARDIYATNO, M.Sc</u> NIP. 19870103 201012 1 006
Penguji III  <u>Dr. Ir. NICO D. DJAJASINGA, M.Sc</u> NIP. 19571118 198303 1 001	Penguji IV  <u>TORANG HUTABARAT, ATD, MM</u> NIP. 19630611 198303 1 002

MENGETAHUI,

KETUA PROGRAM STUDI DIPLOMA III
MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN



Rachmat Sadili, S.SiT., MT

NIP. 19840208 200064 1 001

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : IMANUEL JANPRIMO SIMANJUNTAK

NOTAR : 1902165

adalah Taruna/I jurusan Manajemen Transportasi Jalan, Politeknik Transportasi Darat Indonesia - STTD, menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Naskah KKW yang saya tulis dengan judul:

OPTIMALISASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL (STUDI KASUS: SIMPANG GANDULAN) DI KABUPATEN PEMALANG

adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari diketahui bahwa isi Naskah KKW ini merupakan hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan kelulusan dan atau pencabutan gelar yang saya peroleh.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bekasi, 21 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



IMANUEL JANPRIMO SIMANJUNTAK

Notar: 1902165

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : IMANUEL JANPRIMO SIMANJUNTAK

NOTAR : 1902165

menyatakan bahwa demi kepentingan perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui abstrak KKW yang saya tulis dengan judul:

OPTIMALISASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL (STUDI KASUS: SIMPANG GANDULAN) DI KABUPATEN PEMALANG

untuk dipublikasikan atau ditampilkan di internet atau media lain yaitu Digital Library Perpustakaan PTDI-STTD untuk kepentingan akademik, sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bekasi, 21 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



IMANUEL JANPRIMO SIMANJUNTAK

Notar: 1902165

ABSTRAKSI

Simpang Gandulan adalah akhir dari Jalan Tol Pejagan-Pemalang kemudian pengendara dapat melanjutkan perjalanan ke tol fungsional Pemalang-Batang dan Batang-Semarang. Jalan Raya Petarukan merupakan kaki simpang timur merupakan kaki simpang yang menghubungkan lalu lintas antara Kabupaten Pemalang dengan Kabupaten Pekalongan ini sering mengalami permasalahan antrian dan tundaan yang tinggi, rute ini juga dilintasi oleh kendaraan angkutan barang yang cukup besar.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja Simpang Gandulan saat ini lalu memberikan usulan/ rekomendasi dengan tujuan meningkatkan kinerja simpang yang lebih baik. Untuk mengetahui tingkat pelayanan simpang yang dipengaruhi oleh karakteristik arus lalu lintas, kapasitas simpang, derajat kejenuhan, antrian dan tundaan.

Simpang Gandulan merupakan simpang bersinyal yang memiliki empat kaki simpang, yaitu kaki Selatan adalah Exit Tol Pemalang, kaki Utara adalah Jalan Lingkar Luar Pemalang, kaki Timur adalah Jalan Raya Petarukan, dan kaki Barat adalah Jalan Perintis Kemerdekaan. Pengaturan fase sinyal pada simpang ini yaitu empat fase dengan waktu siklus total adalah 241 detik. Setelah dilakukan analisa kinerja simpang saat ini pada Simpang Gandulan didapatkan kondisi eksisting berupa nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,67 panjang antrian 39,11 meter dan tundaan simpang rata-rata sebesar 118,557 detik/smp dan memiliki Level of Service (LoS) F

Kata Kunci: Simpang Gandulan, Manual Kapasitas Jalan Indonesia, Kinerja Simpang (Derajat Kejenuhan, Antrian, Tundaan, Optimalisasi)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan penyertaan-Nya sehingga Kertas Kerja Wajib (KKW) yang berjudul **"Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Gandulan) di Kabupaten Pemalang"** dapat diselesaikan.

Dalam penyusunan kertas kerja wajib ini, telah mendapatkan bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Maka penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu ada untuk mendukung;
2. Bapak Ahmad Yani, ATD, MT. selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD;
3. Bapak Rachmat Sadili, MT. selaku Ketua Jurusan Program Studi Ahli Madya Manajemen Transportasi Jalan Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD;
4. Bapak Dr. Ir. Nico Djajasinga, M.Sc serta Bapak Torang Hutabarat ATD, MM selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan langsung terhadap penulisan Kertas Kerja Wajib;
5. Dosen-dosen Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Jalan yang telah memberikan pembelajaran selama pendidikan.
6. Kepala Dinas Perhubungan Kabupaten Pemalang beserta staf dan jajarannya yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama pengumpulan data.
7. Kakak-kakak Alumni Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD Angkatan XL yang bersedia membagikan pengalaman dan bimbingan.
8. Rekan Taruna/i Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD Angkatan XLI yang telah membantu dalam penyelesaian Kertas Kerja Wajib ini terutama rekan-rekan kamar 1 yang saling memberikan bimbingan dan dorongan secara langsung dan tidak langsung.
9. Semua pihak yang ikut terlibat dalam membantu penyelesaian laporan Kertas Kerja Wajib (KKW) ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Saran dan masukan diperlukan untuk pengembangan ilmu transportasi kedepannya.

Penulis menyadari bahwa kertas kerja wajib ini masih jauh dari sempurna baik dari segi isi dan penulisan karena adanya keterbatasan ilmu dan pengalaman yang dimiliki. Penulis berharap, semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bekasi, 8 Agustus 2022

Penulis

IMANUEL JANPRIMO SIMANJUNTAK

Notar: 19.02.165

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR RUMUS	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Rumusan Masalah	4
1.4. Maksud dan Tujuan	4
1.5. Batasan Masalah	4
BAB II GAMBARAN UMUM	5
2.1. Kondisi Transportasi	5
2.2. Kondisi Wilayah Kajian	6
BAB III KAJIAN PUSTAKA	20
3.1. Jalan	20
3.2. Simpang	21
3.3. Lampu Lalu Lintas	23
3.4. Geometri di Simpang	24
3.5. Pergerakan Arus Lalu Lintas di Persimpangan	24
3.6. Konflik Di Persimpangan.....	25
3.7. Arus Jenuh.....	26
3.8. Waktu Siklus (c)	31
3.9. Waktu Hijau (gi).....	32

3.10.	Waktu Siklus yang Disesuaikan	32
3.11.	Kapasitas (C)	33
3.12.	Rasio Arus (FR)	33
3.13.	Rasio Arus Simpang (IFR)	33
3.14.	Rasio Fase (PR).....	33
3.15.	Derajat kejenuhan (DS)	34
3.16.	Jumlah Antrian (NQ)	34
3.17.	Panjang Antrian (QL)	35
3.18.	Laju Henti (NS)	36
3.19.	Tundaan (D)	36
3.20.	Tingkat Pelayanan (Level of Services)	37
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		39
4.1.	Alur Pikir.....	39
4.2.	Bagan Alir.....	40
4.3.	Metode Pengumpulan Data	41
4.4.	Metode Analisis Data	43
BAB V ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH		44
5.1.	Analisis Kinerja Simpang Pada Kondisi Saat Ini.....	44
5.2.	Optimalisasi Kinerja Simpang.....	57
5.3.	Analisis Kinerja Persimpangan Usulan I	57
5.4.	Analisis Kinerja Persimpangan Usulan II	73
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		89
DAFTAR PUSTAKA		91
LAMPIRAN		94

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Inventarisasi Simpang Gandulan	8
Tabel II. 2 Volume Kendaraan	18
Tabel III. 1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota	28
Tabel III. 2 Faktor penyesuaian hambatan samping.....	28
Tabel III. 3 Faktor Penyesuaian Kelandaian	29
Tabel III. 4 Waktu siklus yang layak.....	33
Tabel III. 5 KarakteristikTingkat pelayanan berdasarkan tundaan	38
Tabel V. 1 Inventarisasi pendekat Simpang Gandulan	45
Tabel V. 2 Nilai arus jenuh Simpang gandulan.....	47
Tabel V. 3 Faktor penyesuaian hambatan samping Simpang Gandulan	47
Tabel V. 4 Faktor penyesuaian belok kiri dan kanan Simpang Gandulan.....	49
Tabel V. 5 Arus jenuh Simpang Gandulan	49
Tabel V. 6 Waktu siklus Simpang Gandulan.....	50
Tabel V. 7 Kapasitas Simpang Gandulan	51
Tabel V. 8 Derajat kejenuhan Simpang Gandulan	52
Tabel V. 9 NQmax pendekat Simpang Gandulan.....	53
Tabel V. 10 Panjang antrian kendaraan pada Simpang gandulan	53
Tabel V. 11 Laju henti pendekat Simpang Gandulan	54
Tabel V. 12 Tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat Simpang Gandulan.....	55
Tabel V. 13 Tundaan Geometri rata-rata pada pendekat Simpang Gandulan	55
Tabel V. 14 Tundaan rata-rata pada Simpang Gandulan.....	56
Tabel V. 15 Inventarisasi pendekat Simpang Gandulan	58
Tabel V. 16 Waktu siklus Simpang Gandulan Saat Ini.....	60
Tabel V. 17 Waktu siklus Simpang Gandulan Usulan I.....	61
Tabel V. 18 Nilai arus jenuh Simpang gandulan usulan I	62
Tabel V. 19 Faktor penyesuaian hambatan samping usulan I Simpang Gandulan....	63
Tabel V. 20 Faktor penyesuaian belok kiri dan kanan Simpang Gandulan usulan I..	64
Tabel V. 21 Arus jenuh Simpang Gandulan usulan I.....	65
Tabel V. 22 Kapasitas Simpang Gandulan usulan I.....	66

Tabel V. 23 Derajat kejenuhan Simpang Gandulan usulan I.....	66
Tabel V. 24 Jumlah antrian pendekat Simpang Gandulan usulan I.....	68
Tabel V. 25 Panjang antrian kendaraan pada Simpang gandulan usulan I.....	68
Tabel V. 26 Laju henti pendekat Simpang Gandulan usulan I.....	69
Tabel V. 27 Tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat Simpang Gandulan usulan I.....	70
Tabel V. 28 Tundaan Geometri rata-rata pada pendekat usulan I.....	70
Tabel V. 29 Tundaan rata-rata pada Simpang Gandulan usulan I.....	71
Tabel V. 30 Data Antrian, Tundaan, dan Derajat Kejenuhan Simpang Gandulan saat ini.....	72
Tabel V. 31 Data Antrian, Tundaan, dan Derajat Kejenuhan Simpang Gandulan usulan I.....	73
Tabel V. 32 Inventarisasi pendekat Simpang Gandulan	74
Tabel V. 33 Waktu siklus Simpang Gandulan saat ini.....	75
Tabel V. 34 Waktu siklus Usulan II Simpang Gandulan.....	76
Tabel V. 35 Nilai arus jenuh Simpang gandulan usulan II	77
Tabel V. 36 Faktor penyesuaian hambatan samping usulan II Simpang Gandulan ..	78
Tabel V. 37 Faktor penyesuaian belok kiri dan kanan Simpang Gandulan usulan II.	79
Tabel V. 38 Arus jenuh Simpang Gandulan usulan II.....	80
Tabel V. 39 Kapasitas Simpang Gandulan usulan II	81
Tabel V. 40 Derajat kejenuhan Simpang Gandulan usulan II.....	82
Tabel V. 41 Jumlah antrian pendekat Simpang Gandulan usulan II	83
Tabel V. 42 Panjang antrian kendaraan pada Simpang gandulan usulan II	83
Tabel V. 43 Laju henti pendekat Simpang Gandulan usulan II	84
Tabel V. 44 Tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat Simpang Gandulan.....	85
Tabel V. 45 Tundaan Geometri rata-rata pada pendekat Simpang Gandulan usulan II	85
Tabel V. 46 Tundaan rata-rata pada Simpang Gandulan usulan II.....	86
Tabel V. 47 Data Antrian, Tundaan, dan Derajat Kejenuhan Simpang Gandulan saat ini.....	87

Tabel V. 48 Data Antrian, Tundaan, dan Derajat Kejenuhan Sempang Gandulan kondisi usulan II	87
Tabel V. 49 Perbandingan kinerja kondisi saat ini dengan usulan	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Peta Jaringan Jalan Kabupaten Pemalang.....	6
Gambar II. 2 Tampak atas Simpang Gandulan.....	7
Gambar II. 3 Layout Simpang Gandulan.....	7
Gambar II. 4 Visualisasi ruas Jalan Raya Petarukan	9
Gambar II. 5 Penampang melintang ruas Jalan Raya Petarukan.....	10
Gambar II. 6 Visualisasi ruas Jalan Perintis Kemerdekaan	11
Gambar II. 7 Penampang melintang ruas Jalan Perintis Kemerdekaan.....	12
Gambar II. 8 Visualisasi ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang	13
Gambar II. 9 Penampang melintang ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang.....	14
Gambar II. 10 Visualisasi ruas Jalan Exit Tol Pemalang	14
Gambar II. 11 Penampang melintang ruas Jalan Exit Tol Pemalang	15
Gambar II. 12 Visualisasi simpang dari arah Jalan Perintis Kemerdekaan	16
Gambar II. 13 Visualisasi simpang dari arah Jalan Raya Petarukan	16
Gambar II. 14 Visualisasi Simpang Gandulan	17
Gambar II. 15 Arah arus lalu lintas Simpang Gandulan.....	17
Gambar II. 16 Tipe simpang 444L	18
Gambar II. 17 Persentase Volume Kendaraan.....	19
Gambar III. 1 Pergerakan arus lalu lintas di persimpangan	25
Gambar III. 2 Konflik di persimpangan	26
Gambar IV. 1 Bagan Alir Penelitian.....	40
Gambar V. 1 Arah arus lalu lintas Simpang Gandulan	44
Gambar V. 2 Fase sinyal Simpang Gandulan	45
Gambar V. 3 <i>Flow Diagrams</i> Simpang Gandulan	45
Gambar V. 4 Waktu siklus Simpang Gandulan Saat Ini	50
Gambar V. 5 Arah arus lalu lintas Simpang Gandulan usulan I.....	58
Gambar V. 6 Fase sinyal Simpang Gandulan usulan II	58
Gambar V. 7 <i>Flow Diagrams</i> Simpang Gandulan.....	59
Gambar V. 8 Waktu siklus Usulan I Simpang Gandulan	61

Gambar V. 9 Arah arus lalu lintas Simpang Gandulan usulan II	73
Gambar V. 10 Fase sinyal Simpang Gandulan usulan II	74
Gambar V. 11 <i>Flow Diagrams</i> Simpang Gandulan.....	74
Gambar V. 12 Waktu Siklus Usulan II Simpang Gandulan.....	77

DAFTAR RUMUS

Rumus III. 1 Arus jenuh.....	27
Rumus III. 2 Arus jenuh dasar	27
Rumus III. 3 Faktor penyesuaian belok kiri	30
Rumus III. 4 Faktor penyesuaian belok kanan.....	31
Rumus III. 5 Waktu siklus penyesuaian.....	31
Rumus III. 6 Waktu hijau	32
Rumus III. 7 Waktu siklus yang disesuaikan	32
Rumus III. 8 Kapasitas.....	33
Rumus III. 9 Rasio arus	33
Rumus III. 10 Rasio arus simpang	33
Rumus III. 11 Rasio fase.....	34
Rumus III. 12 Derajat kejenuhan	34
Rumus III. 13 Jumlah antrian	34
Rumus III. 14 NQ1	34
Rumus III. 15 NQ2	35
Rumus III. 16 Panjang antrian.....	35
Rumus III. 17 Laju henti	36
Rumus III. 18 Jumlah kendaraan terhenti.....	36
Rumus III. 19 Tundaan lalu lintas	36
Rumus III. 20 Tundaan geometri	37
Rumus III. 21 Tundaan rata-rata	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Pemalang adalah kota pesisir yang sebagian penduduknya ber-mata pencarian sebagai nelayan dan petani (Chairul Mustakim, 2020). Kabupaten Pemalang adalah salah satu wilayah dari 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah yang berada di Pantura Pulau Jawa, berjarak sekitar 138 km sebelah barat Ibu Kota Provinsi Jawa Tengah (Semarang), terletak antara 1090 17'30" Bujur Timur dan 80 52'30" s/d 70 20'11" Lintang Selatan dengan kontur wilayah yang unik menawarkan keragaman destinasi wisata mulai dari wisata pegunungan, bahari, religi, budaya hingga buatan yang sangat mengagumkan. Kabupaten Pemalang memiliki kondisi geografis yang terdiri dari pantai, dataran rendah, dataran tinggi/ pegunungan yang memiliki udara sejuk, sehingga potensi pariwisata Kabupaten Pemalang sangat potensial untuk dikembangkan karena terdiri dari beberapa jenis objek wisata yang menarik untuk dikunjungi (Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Kabupaten Pemalang, 2015).

Pengertian lalu lintas menurut Pasal 1 Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan didefinisikan sebagai gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan, sebagai prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa jalan dengan fasilitas pendukungnya. Lalu lintas di Kabupaten Pemalang perlu diperhatikan dimana sudah sangat mengganggu baik aktivitas penduduk asli maupun pengendara yang melintas antar kota, yang mana kemacetan lalu lintas banyak menimbulkan dampak negatif terhadap pengguna jalan dan daerah jalan sekitar baik dari segi aspek ekonomi maupun lingkungan.

Sebagai contoh dari kemacetan lalu lintas akan berdampak pada kehilangan waktu, penurunan kenyamanan pengguna jalan dan penurunan kualitas udara serta meningkatnya kebisingan di sepanjang jalan, kemacetan

lalu lintas terjadi di sepanjang ruas jalan dimana akan berbahaya bagi kesehatan para pengguna ruas jalan tersebut.

Persimpangan adalah bagian dari sistem jaringan jalan yang menghubungkan dua jalan atau lebih pada satu titik. Persimpangan merupakan bagian dari sistem jaringan jalan, dan kelancaran pergerakan jaringan jalan juga bergantung pada pergerakan simpang tersebut (Nadia Karunia, 2021). Persimpangan adalah simpul dalam jaringan transportasi di mana dua atau lebih ruas jalan bertemu, dalam keadaan ini persimpangan lalu lintas berkemungkinan mengalami konflik. Untuk mengendalikan konflik ini ditetapkan aturan lalu lintas untuk menetapkan siapa yang mempunyai hak terlebih dahulu untuk menggunakan persimpangan. Bila suatu persimpangan arus di jalan utama (mayor) bersimpangan dengan jalan kecil (minor) maka kendaraan yang berada di jalan utama mendapat hak terlebih dahulu, untuk menegaskan hal tersebut digunakan rambu lalu lintas 'beri kesempatan' berupa segitiga terbalik yang ditempatkan di jalan minor, untuk lebih mempertegas digunakan rambu 'stop' di mana pengemudi di jalan minor wajib berhenti dan masih dilengkapi marka jalan sebagai pelengkap rambu Beri Kesempatan dan Rambu Stop. Pada umumnya Persimpangan diklasifikasikan menjadi simpang sebidang dan simpang tidak sebidang, beberapa macam pengendalian simpang seperti persimpangan sederhana, persimpangan prioritas, persimpangan bersinyal, bundaran, persimpangan tidak sebidang.

Simpang bersinyal adalah persimpangan jalan yang dilengkapi dengan lampu lalu lintas atau biasa disebut APILL (Cholis, dkk, 2020). Pengendara yang melewati simpang bersinyal harus mengikuti perintah dari sinyal merah untuk berhenti ditempat yang telah ditentukan dan boleh melanjutkan kembali pergerakannya setelah sinyal menunjukkan hijau.

Optimalisasi kinerja simpang bersinyal dimaksudkan untuk mengoptimalkan kinerja suatu jaringan jalan khususnya pada persimpangan bersinyal. Simpang Gandulan adalah satu-satunya simpang bersinyal yang menghubungkan Kabupaten Pematang Jaya dengan Kabupaten Pematang Jaya, berdasarkan hasil survei di lapangan pada jam sibuk jalan Raya Petarukan

adalah kaki timur simpang yang seringkali mengalami permasalahan dimana antrian mencapai angka 88,06 meter dan tundaan total 123,942 smp.det karna dilintasi oleh kendaraan angkutan barang yang cukup besar. Simping Gandulan merupakan simpang empat dengan pengaturan 4 fase dan siklus total berjumlah 241 detik dan memiliki tundaan simpang rata-rata yang mencapai angka 118,557 detik/smp. Parameter atau tolak ukur yang digunakan dalam menilai kinerja simpang bersinyal meliputi kapasitas simpang, derajat kejenuhan, tundaan dan antrian.

Dari uraian terhadap permasalahan di atas, perlu dilakukan penelitian pada Simping Gandulan, sehingga dapat mewujudkan kinerja persimpangan yang seoptimal mungkin. Lalu peneliti mengambil judul **"OPTIMALISASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL (STUDI KASUS SIMPANG GANDULAN DI KABUPATEN PEMALANG)"**

1.2. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang yang telah digambarkan sebelumnya, permasalahan yang diidentifikasi sebagai berikut:

1. Kinerja lalu lintas simpang pada jam sibuk Berdasarkan hasil survei lapangan, Jalan Raya Petarukan merupakan akses keluar masuk masyarakat Pemalang-Pekalongan yang didominasi kendaraan bermotor dan angkutan barang menimbulkan antrian dan tundaan lalu lintas yang panjang.
2. Kinerja lalu lintas yang buruk pada persimpangan terutama kaki timur dan kaki barat simpang di mana terlalu panjangnya waktu siklus APILL pada simpang Gandulan yang belum tepat khususnya pada Jalan Raya Petarukan sehingga mengakibatkan antrian dan tundaan yang panjang.
3. permasalahan kinerja lalu lintas di Simping Gandulan yang disebabkan oleh Volume lalu lintas yang tinggi pada dan kendaraan besar yang cukup besar pada simpang, Jalan Raya Petarukan khususnya pada kaki simpang sebelah timur.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, maka dapat ditarik suatu perumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana kinerja lalu lintas saat ini di Simpang Gandulan?
2. Apa penyebab buruknya kinerja lalu lintas di Simpang Gandulan?
3. Bagaimana penanganan permasalahan kinerja lalu lintas di Simpang Gandulan?

1.4. Maksud dan Tujuan

1.4.1. Maksud

Maksud dari penulisan KKW (Kertas Kerja Wajib) ini adalah mengoptimalisasikan kinerja Simpang Bersinyal Gandulan

1.4.2. Tujuan

Tujuan dari penulisan kertas kerja wajib ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja lalu lintas saat ini di Simpang Gandulan
2. Menganalisis penyebab buruknya kinerja lalu lintas di Simpang Gandulan
3. Merekomendasikan penanganan permasalahan kinerja lalu lintas di Simpang Gandulan

1.5. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian.

Adapun batasan-batasan yang digunakan antara lain:

1. Penelitian di fokuskan hanya di Simpang Gandulan
2. Usulan penentuan fase, waktu siklus APILL untuk mendapatkan kinerja yang terbaik
3. Tidak menghitung biaya perbaikan simpang, pengurangan jumlah kecelakaan dan dampak lingkungan
4. Menggunakan panduan manual kapasitas jalan Indonesia (Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1. Kondisi Transportasi

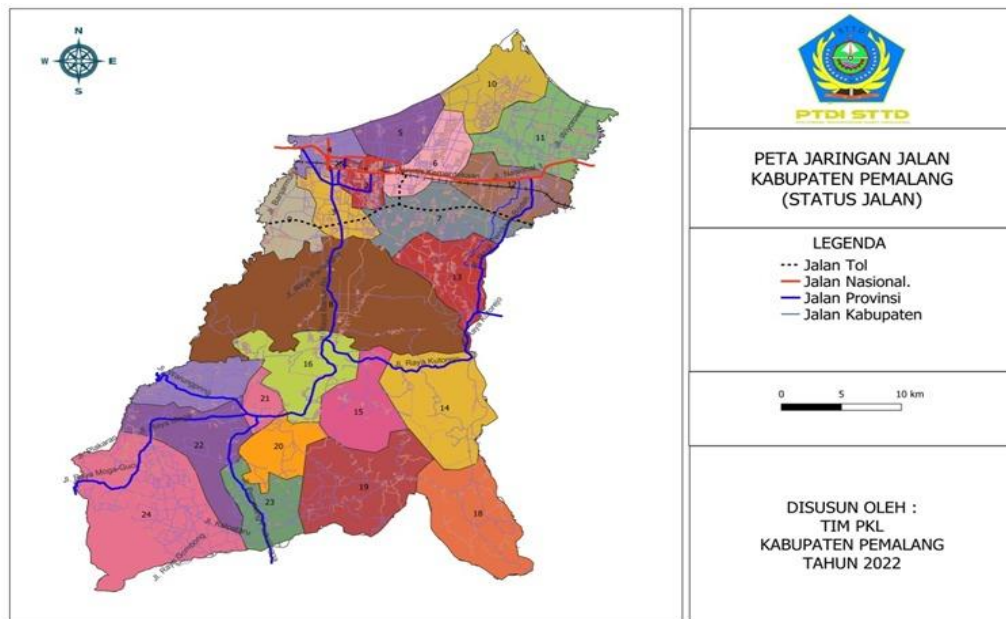
Penduduk Kabupaten Pemalang mayoritas memiliki kendaraan pribadi untuk melakukan perpindahan. Terdapat beberapa jenis transportasi umum yang umum digunakan oleh masyarakat, di antaranya adalah bus umum dan juga kereta api. Transportasi umum yang digunakan sebagai sarana untuk berpindah tempat khususnya transportasi darat dituntut agar menjadi transportasi yang cepat, nyaman, aman dan terjangkau.

Pertumbuhan jaringan jalan yang tidak seimbang dengan peningkatan jumlah kendaraan pribadi khususnya roda dua menyebabkan terjadinya kemacetan yang berakibat pada waktu yang dibutuhkan untuk menempuh perjalanan menjadi semakin lama. Sehingga, pilihan transportasi lain yang lebih cepat, nyaman, aman dan terjangkau adalah jasa transportasi kereta api namun melihat kondisi ekonomi masyarakat yang mayoritas adalah petani, pedagang pergerakan penduduk pun kerap di lingkungan Kabupaten Pemalang mengingat Kabupaten Pemalang merupakan daerah yang menjadi jalur lintasan dan bukan pusat tarikan transportasi sehingga terbatas pula pergerakan yang menyentuh keseluruhan daerahnya.

Jumlah penduduk Kabupaten Pemalang mengalami pertumbuhan yang tidak terlalu pesat, hal ini dapat dilihat dari persentase pertumbuhan penduduk dari tahun 2010 sampai tahun 2020 sebesar 1,5%. Berdasarkan hasil proyeksi jumlah penduduk Kabupaten Pemalang tahun 2020 mencapai 1.471.489 Jiwa, meningkat sebesar 168.675 Jiwa dibandingkan jumlah penduduk tahun 2019.

2.2. Kondisi Wilayah Kajian

Kabupaten Pemalang merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yang terletak di pantai utara Pulau Jawa. Secara astronomis Kabupaten Pemalang terletak antara 109° 17' 30" - 109° 40' 30" BT dan 8° 52' 30" - 7° 20' 11" LS. Kabupaten Pemalang memiliki luas wilayah sebesar 1.115,30 km². disebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa, di sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Purbalingga dan di sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Pekalongan dan di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Tegal. Berikut Peta Jaringan Jalan Kabupaten Pemalang pada Gambar II.1:

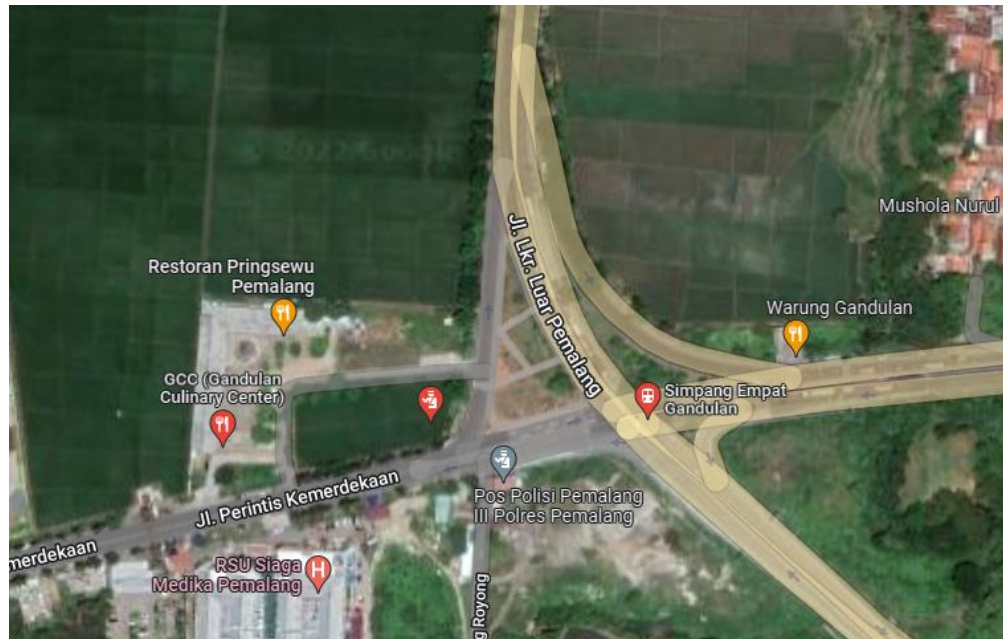


Sumber: Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022

Gambar II. 1 Peta Jaringan Jalan Kabupaten Pemalang

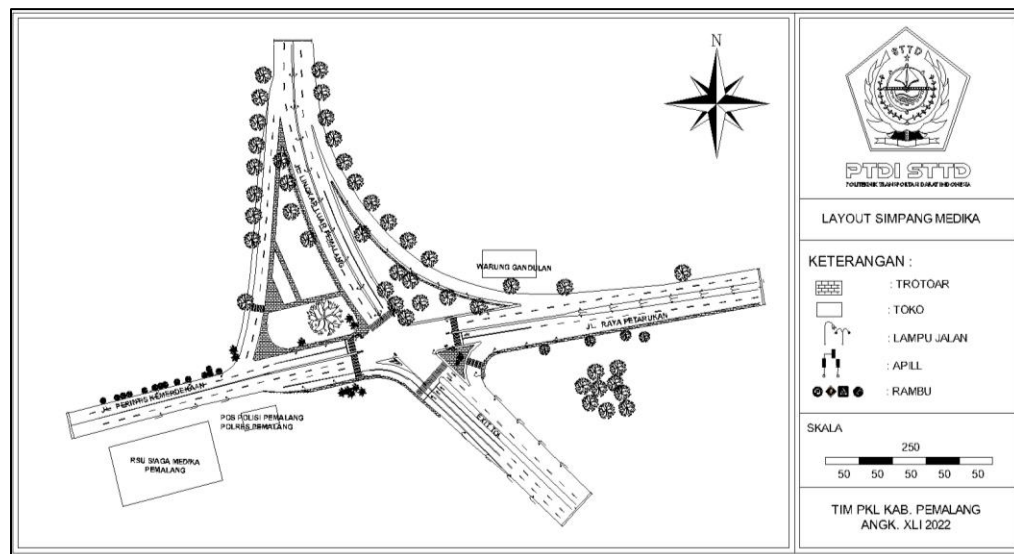
Simpang Gandulan terletak di Jl. Perintis Kemerdekaan, Sawah, Beji, Kec. Taman, Kabupaten Pemalang, koordinat lintang dan bujur yaitu 6°53'34.1"S 109°26'06.1"E yang mana kaki simpang utara dan timur merupakan jalan arteri yang menghubungkan Kabupaten Pemalang dengan Kabupaten Pekalongan. Masing-masing kaki simpang memiliki volume yang padat yang didominasi oleh kendaraan bermotor serta angkutan barang yang

cukup besar. Berikut merupakan tampak atas Sim pang Gandulan dapat dilihat pada Gambar II.2, dan Gambar II.3:



Sumber: Google Maps 2022

Gambar II. 2 Tampak atas Sim pang Gandulan



Sumber: Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022

Gambar II. 3 Layout Sim pang Gandulan

Simpang Gandulan dilengkapi sistem kendali APILL 4 pendekat dan 4 fase. Adapun ruas jalan yang ada pada Simpang Gandulan yaitu ruas Jalan Perintis Kemerdekaan, Jalan Raya Petarukan, Exit Toll Pemalang, dan Jalan Lingkar Luar Pemalang yang merupakan jalan mayor. Jalan Lingkar Luar Pemalang difungsikan untuk rute angkutan barang agar tidak melewati ruas jalan dalam kota sehingga tidak menyebabkan tingginya volume lalu lintas di dalam kota. Berikut merupakan inventarisasi Simpang Gandulan dapat dilihat pada Tabel II.1 berikut ini:

Nama simpang		Gandulan							
Geometri simpang		Simpang 4							
1	Node	602							
2	Tipe pendekat	Terlindung							
3	Tipe simpang								
4	Fase Simpang	4 Fase							
Arah		Utara		Selatan		Timur		Barat	
Ruas Jalan		JL. LINGKAR LUAR PEMALANG		EXIT TOL		JL. RAYA PETARUKAN		JL. PERINTIS KEMERDEKAAN	
5	Waktu Hijau	75		51		50		41	
6	Waktu Merah	163		187		188		197	
7	Waktu Kuning	3		3		3		3	
8	Lebar pendekat total (m)	19.1		34.2		20.6		20,6	
9	Lebar Median (m)	0.8		0.7		0.8		0.8	
10	Lebar Bahu kanan (m)	0.5		0.5		3		3	
11	Lebar Bahu kiri (m)	0.5		2.4		-		-	
12	Lebar Trotoar kiri	1.4		1.2		2		2	
13	Lebar Trotoar kanan	1.9		-		1.2		1.2	
14	Lebar Drainase kiri	1.4		1		1		1	
15	Lebar Drainase kanan	1.4		1		1		1	
16	Lebar jalur efektif pendekat (m)	14		10.59		13.6		13.6	
17	Lebar lajur pendekat (m)	3.5		3.53		3.4		3.4	
18	Radius Simpang	1/2 m		1/2 m		1/2 m		1/2 m	
19	Hambatan Sampang	Rendah		Rendah		Rendah		Sedang	
20	Tataguna lahan	Persawahan		Perkebunan		Perkebunan		Komersil	
21	Model Arus (Arah)	2		2		2		2	
22	Kondisi Marka	Baik		Baik		Baik		Baik	
23	Fasilitas Zebra Cross	Buruk		Baik		Kurang baik		Kurang baik	
24	Marka Line Stop	Buruk		Baik		Kurang baik		Kurang baik	
25	Fasilitas Ruang Khusus Roda 2	-		-		-		-	
Fasilitas Simpang		Jumlah	kondisi	Jumlah	kondisi	Jumlah	kondisi	Jumlah	kondisi
26	Rambu Larangan	1	Baik	1	Baik	1	Baik	1	Baik
	Rambu Peringatan	1	Baik	1	Baik	1	Baik	1	Baik
	Rambu Perintah	0	-	1	Baik	1	Baik	1	Baik
	Rambu Petunjuk	1	Baik	1	Baik	1	Baik	1	Baik

Sumber: Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022

Tabel II. 1 Inventarisasi Simpang Gandulan

2.2.1. Gambaran Ruas Jalan

Berikut adalah gambaran ruas jalan per kaki simpang pada Simpang Bersinyal Gandulan:

2.2.1.1. Jalan Raya Petarukan

Jalan Raya Petarukan merupakan kaki timur Simpang Bersinyal Gandulan dengan status jalan nasional dan fungsi Arteri yang dilewati kendaraan MC, LV, HV. Kinerja dari ruas Jalan Raya Petarukan:

a. Kecepatan

Kecepatan rata-rata kendaraan yang melintas pada ruas Jalan Raya Petarukan adalah 41,32 km/jam.

b. Kepadatan

Kepadatan pada ruas Jalan Raya Petarukan adalah sebesar 56 smp-jam/km arah masuk dan arah keluar sebesar 57 smp-jam/km.

c. Hambatan

Berikut merupakan visualisasi ruas Jalan Raya Petarukan, dapat dilihat pada Gambar II.4 berikut:



Sumber: Hasil Dokumentasi

Gambar II. 4 Visualisasi ruas Jalan Raya Petarukan

Hambatan samping pada ruas Jalan Raya Petarukan adalah rendah.

d. Antrian dan Tundaan

Panjang antrian pada ruas Jalan Raya Petarukan adalah 88,06 m dan Tundaan pada kaki simpang ini adalah 123,94 det/smp.

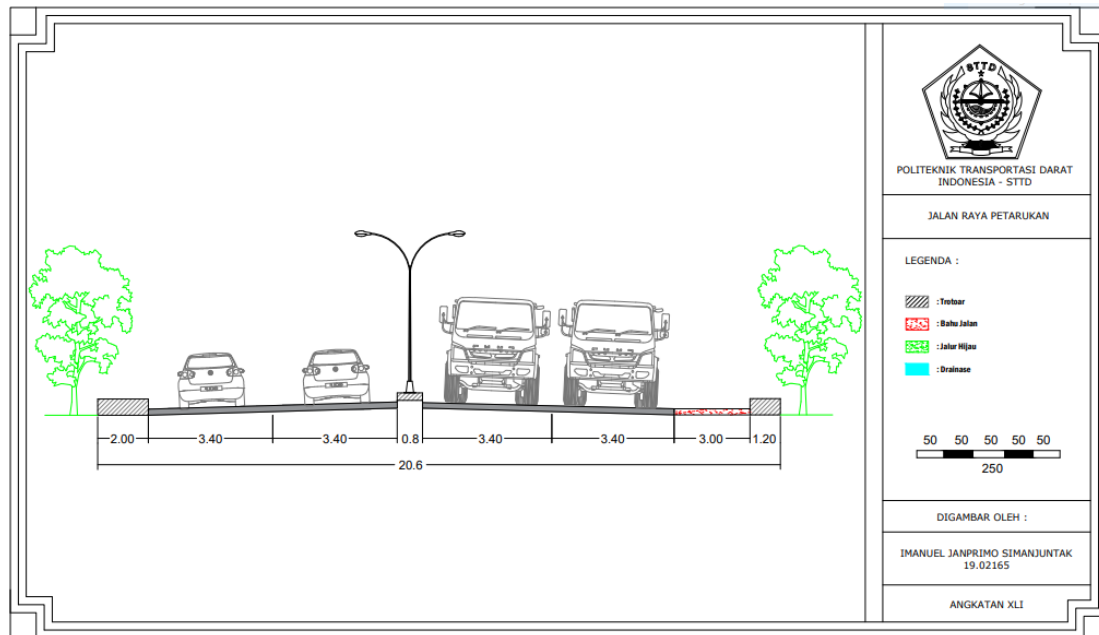
e. Waktu Siklus

Waktu siklus ruas Jalan Raya Petarukan adalah 241 detik.

f. *Level Of Service*

Tingkat pelayanan ruas Jalan Raya Petarukan berdasarkan tundaan 123,94 det/smp adalah F.

Untuk penampang melintang ruas Jalan Raya Petarukan dapat dilihat pada Gambar II.5 berikut:



Sumber: Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022

Gambar II. 5 Penampang melintang ruas Jalan Raya Petarukan

2.2.1.2. Jalan Perintis kemerdekaan

Jalan Perintis Kemerdekaan Merupakan kaki barat Simpang Bersinyal Gandulan dengan status Jalan Provinsi dan fungsi Kolektoryang dilewati kendaraan MC, LV, HV. Kinerja dari ruas Jalan Perintis Kemerdekaan:

a. Kecepatan

Kecepatan rata-rata kendaraan yang melintas pada ruas Jalan Perintis Kemerdekaan adalah 32 km/jam.

b. Kepadatan

Kepadatan pada ruas Jalan Raya Perintis Kemerdekaan adalah sebesar 44 smp-jam/km arah masuk dan arah keluar sebesar 46,32 smp-jam/km.

c. Hambatan

Berikut merupakan visualisasi ruas Jalan Perintis Kemerdekaan, dapat dilihat pada Gambar II.6 berikut:



Sumber: Hasil Dokumentasi

Gambar II. 6 Visualisasi ruas Jalan Perintis Kemerdekaan

Hambatan samping pada ruas Jalan Perintis Kemerdekaan adalah sedang.

d. Antrian dan Tundaan

Panjang antrian pada ruas Jalan Perintis Kemerdekaan adalah 29,67 m dan Tundaan pada kaki simpang ini adalah 50,26 det/smp.

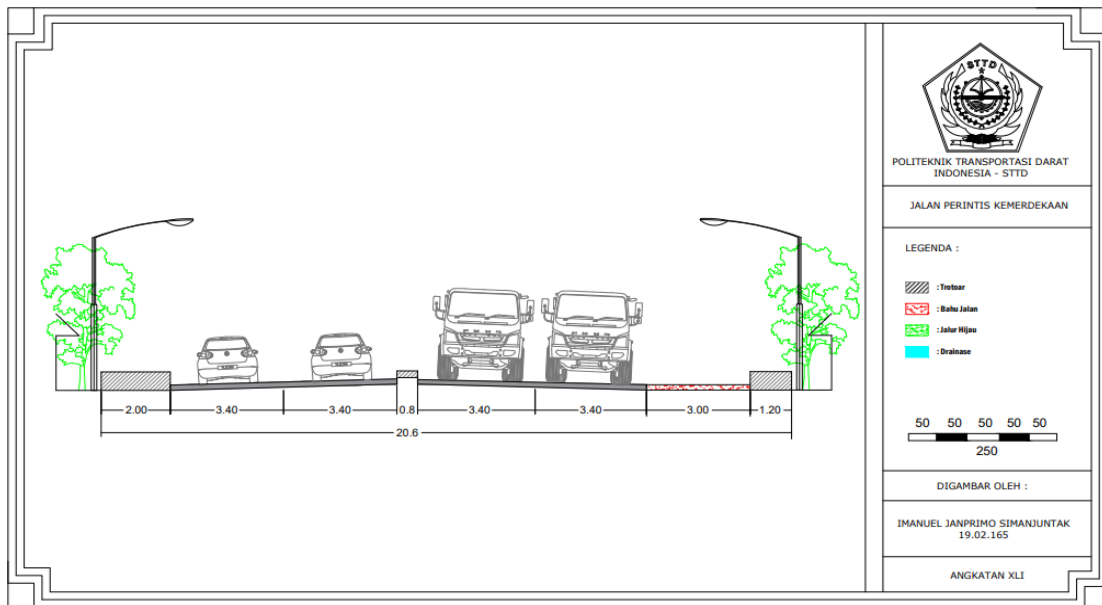
e. Waktu Siklus

Waktu siklus ruas Jalan Perintis Kemerdekaan adalah 241 detik.

f. *Level Of Service*

Tingkat pelayanan ruas Jalan Perintis Kemerdekaan berdasarkan tundaan 50,26 det/smp adalah E.

Untuk penampang melintang ruas Jalan Perintis Kemerdekaan dapat dilihat pada Gambar II.7 berikut:



Sumber: Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022

Gambar II. 7 Penampang melintang ruas Jalan Perintis Kemerdekaan

2.2.1.3. Jalan Lingkar Luar pemalang

Jalan Lingkar Luar Pemalang Merupakan kaki utara Simpang Bersinyal Gandulan dengan status Jalan Nasional dan fungsi Arteri yang dilewati kendaraan MC, LV, HV, UM. Kinerja dari ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang:

a. Kecepatan

Kecepatan rata-rata kendaraan yang melintas pada ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang adalah 46,32 km/jam.

b. Kepadatan

Kepadatan pada ruas Jalan Raya Petarukan adalah sebesar 42 smp-jam/km arah masuk dan arah keluar sebesar 45 smp-jam/km.

c. Hambatan

Berikut merupakan visualisasi ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang, dapat dilihat pada Gambar II.8 berikut:



Sumber: Hasil Dokumentasi

Gambar II. 8 Visualisasi ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang

Hambatan samping pada ruas Jalan Perintis Kemerdekaan adalah rendah.

d. Antrian dan Tundaan

Panjang antrian pada ruas Jalan Perintis Kemerdekaan adalah 22,61 m dan Tundaan pada kaki simpang ini adalah 38,36 det/smp.

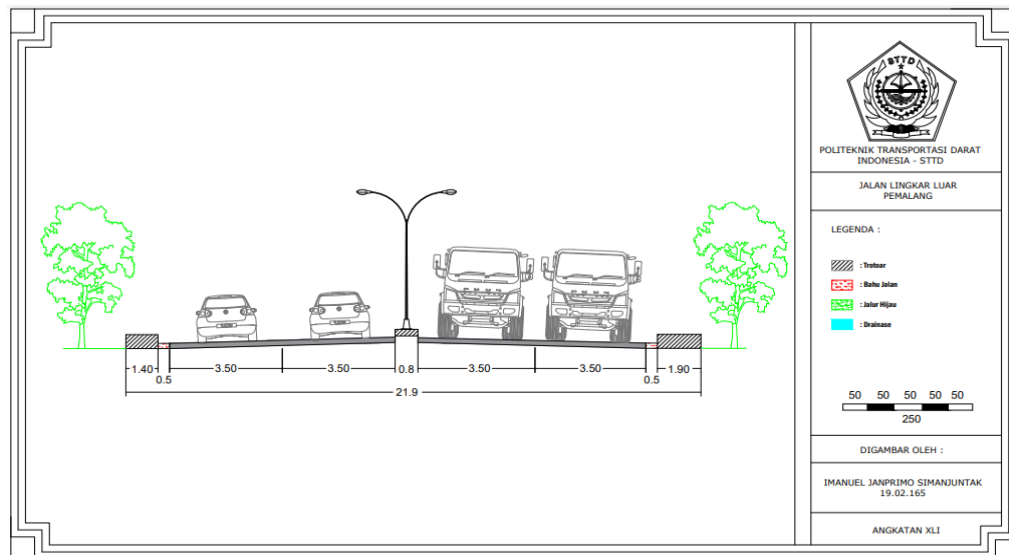
e. Waktu Siklus

Waktu siklus ruas Jalan Perintis Kemerdekaan adalah 241 detik.

f. *Level Of Service*

Tingkat pelayanan ruas Jalan Perintis Kemerdekaan berdasarkan tundaan 38,36 det/smp adalah D.

Untuk penampang melintang ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang dapat dilihat pada Gambar II.9 berikut:



Sumber: Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022

Gambar II. 9 Penampang melintang ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang

2.2.1.4. Exit Toll Pemalang

Exit Toll Pemalang Merupakan kaki selatan Simpang Bersinyal Gandulan dengan status Jalan Nasional dan fungsi Arteri yang dilewati kendaraan LV, HV. Kinerja dari ruas Jalan Exit Toll Pemalang:

a. Hambatan

Berikut Gambar II.10 Visualisasi Exit Tol Pemalang:



Sumber: Hasil Dokumentasi

Gambar II. 10 Visualisasi ruas Jalan Exit Tol Pemalang

Hambatan samping pada ruas Jalan Exit Toll Pemalang adalah rendah.

b. Antrian dan Tundaan

Panjang antrian pada ruas Jalan Exit Toll Pemalang adalah 16,09 m dan Tundaan pada kaki simpang ini adalah 43,20 det/smp.

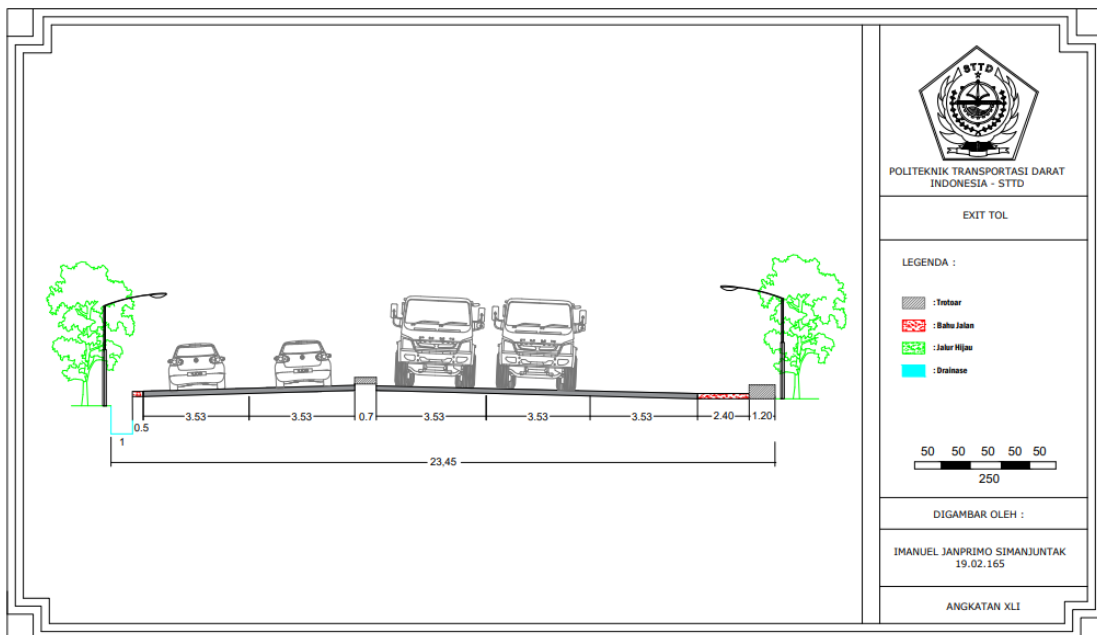
c. Waktu Siklus

Waktu siklus ruas Jalan Exit Toll Pemalang adalah 241 detik.

d. Level Of Service

Tingkat pelayanan ruas Jalan Exit Toll Pemalang berdasarkan 43,20 det/smp adalah E.

Untuk penampang melintang ruas Jalan Exit Tol Pemalang ini dapat dilihat pada Gambar II.11 berikut:



Sumber: Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022

Gambar II. 11 Penampang melintang ruas Jalan Exit Tol Pemalang

2.2.2. Gambaran Persimpangan

Simpang Gandulan merupakan simpang bersinyal terbesar di Kabupaten Pemalang, pengendalian APILL simpang ini dibawah wewenang dishub Kabupaten Pemalang, Berikut visualisasi Simpang Gandulan, dapat dilihat pada Gambar II.12;II.13;II.14 berikut:



Sumber: Hasil dokumentasi

Gambar II. 12 Visualisasi simpang dari arah Jalan Perintis Kemerdekaan



Sumber: Hasil dokumentasi

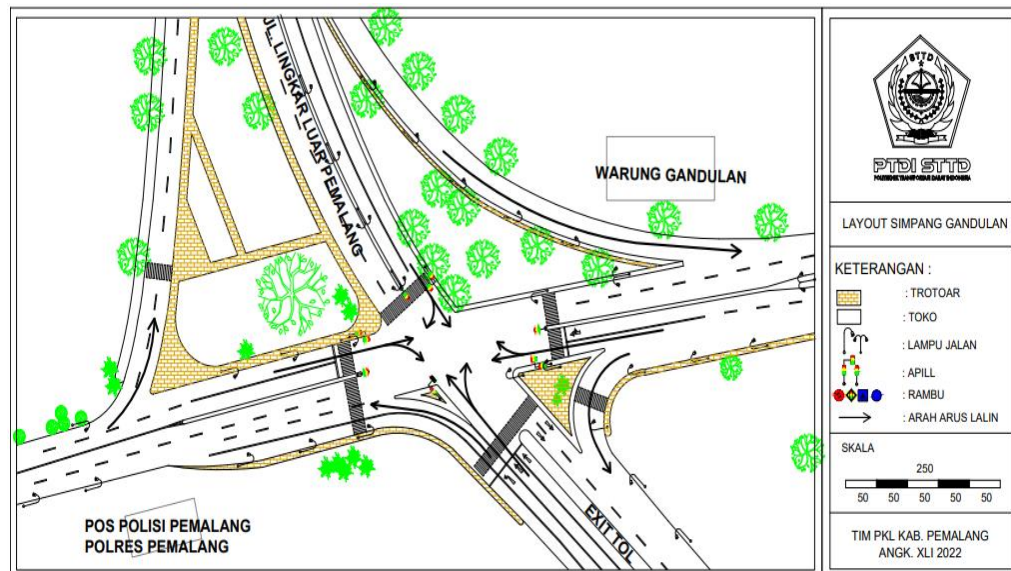
Gambar II. 13 Visualisasi simpang dari arah Jalan Raya Petarukan



Sumber: Hasil dokumentasi

Gambar II. 14 Visualisasi Simpang Gandulan

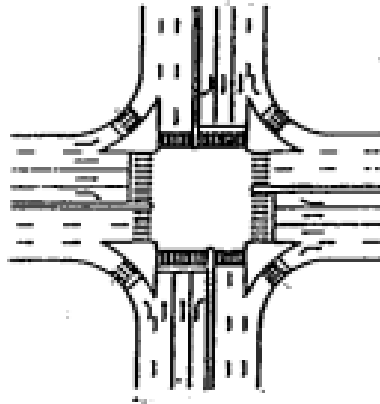
Berikut merupakan arah arus lalu lintas Simpang Gandulan, dapat dilihat pada Gambar II.15:



Sumber: Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022

Gambar II. 15 Arah arus lalu lintas Simpang Gandulan

Tipe Simpang Gandulan adalah 444L yaitu memiliki 4 kaki simpang, 4 lajur minor, 4 lajur mayor, memiliki median dan lajur belok kiri langsung. Berikut merupakan bentuk tipe simpang 444L berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 dapat dilihat pada Gambar II.16:



Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Gambar II. 16 Tipe simpang 444L

2.2.3. Persentase Kendaraan

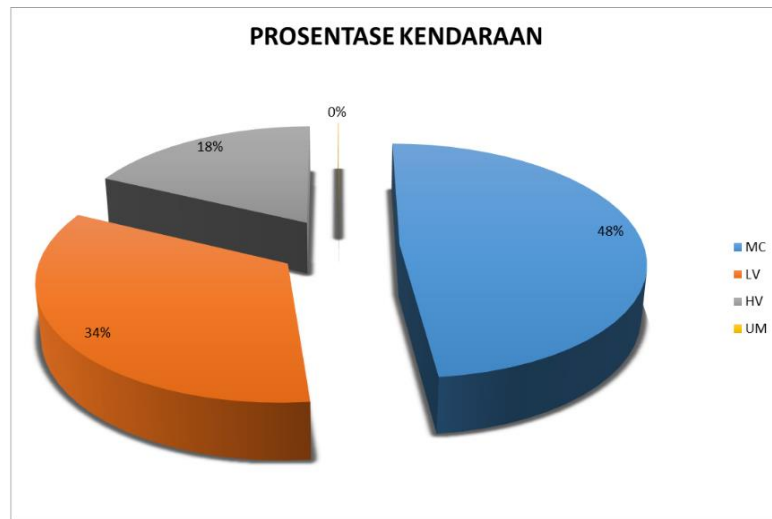
Berikut merupakan total volume kendaraan pada jam sibuk yang melewati Simpang Bersinyal Gandulan dapat dilihat pada Tabel II.13 berikut:

Tabel II. 2 Volume Kendaraan

MC	1,909
LV	1,333
HV	707
UM	2

Sumber: Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022

Dari Tabel Total Volume Kendaraan yang melewati Simpang Bersinyal Gandulan dapat dilihat bahwa kendaraan yang mendominasi pada jam sibuk adalah kendaraan bermotor MC dengan total 1,909 kend/jam. Dapat dilihat grafik presentase kendaraan jam sibuk total pada Gambar II.17 berikut:



Sumber: Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022

Gambar II. 17 Persentase Volume Kendaraan

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

3.1. Jalan

Berikut merupakan dasar hukum dan aturan tentang jalan Undang-Undang 38 Tahun 2004 Tentang Jalan:

1. BAB 1 Pasal 1

ayat (4) Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

ayat (5) Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum

ayat (18) Sistem jaringan jalan adalah satu kesatuan ruas jalan yang saling menghubungkan dan mengikat pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanannya dalam satu hubungan hierarkis.

2. BAB III Pasal 7 ayat (2):

Sistem jaringan jalan primer sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah ditingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.

Pasal 8

ayat (3) Jalan kolektor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

Pasal 9

ayat (3) Jalan provinsi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan jalan kolektor dalam system jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan kabupaten/kota, atau antar ibu kota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi

Pasal 11

ayat (2) Ruang manfaat jalan sebagaimana dimaksud pada ayat(1) meliputi ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu diluar ruang manfaat jalan

ayat (3) Ruang milik jalan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu diluar ruang manfaat jalan

ayat (4) Ruang pengawasan jalan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan ruang tertentu diluar ruang milik jalan yang ada di bawah pengawasan penyelenggaraan jalan

3.2. Simpang

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan Pasal 1 ayat(6) menjelaskan bahwa Persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun tidak sebidang. Termasuk dalam pengertian persimpangan adalah pertigaan (simpang tiga), perempatan (simpang empat), perlimaan (simpang lima), persimpangan bentuk bundaran, dan persimpangan tidak sebidang, namun tidak termasuk persilangan sebidang dengan rel kereta api.

Persimpangan adalah titik dimana pertemuan atau percabangan suatu jalan dengan kondisi sebidang maupun juga tidak sebidang jalan. Persimpangan adalah bagian dari suatu sistem jaringan jalan. Persimpangan berperan penting untuk menentukan kapasitas dan juga waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan. Suatu persimpangan harus dilakukan penataan dan

pengaturan agar suatu simpang tidak terjadi masalah seperti adanya kemacetan. Persimpangan adalah simpul dalam jaringan transportasi dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu, disini arus lalu lintas mengalami konflik. Untuk mengendalikan konflik ini, ditetapkan aturan lalu lintas untuk menetapkan siapa yang mempunyai hak terlebih dahulu untuk menggunakan persimpangan (Efendy, 2021)

Pada simpang bersinyal, pengguna kendaraan tidak diperbolehkan belok kiri secara langsung, kecuali pada simpang bersinyal yang dilengkapi rambu belok kiri jalan terus (UU No. 22 Tahun 2009).

Simpang bersinyal adalah bagian dari sistem kendali waktu tetap yang dirangkai atau sinyal actual kendaraan terisolir. Dalam analisis simpang bersinyal biasanya memerlukan metode dan perangkat lunak khusus, seperti program bantuan Kapasitas simpang dapat ditingkatkan dengan menerapkan aturan prioritas sehingga simpang dapat digunakan secara bergantian (Rahman, dkk, 2021)

Menurut MKJI 1997 "Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas"

Tujuan Penempatan sinyal dan pengaturan lalu lintas pada simpang bersinyal menurut MKJI 1997 adalah:

- a. Menghindari kemacetan simpang akibat konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
- b. Memberi kesempatan kepada kendaraan dan atau pejalan kaki dari simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
- c. Mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan kendaraan dari arah yang bertentangan

3.3. Lampu Lalu Lintas

Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas adalah alat elektronik berupa lampu (bisa disertai suara) yang berfungsi mengatur pergerakan lalu lintas di persimpangan atau di ruas jalan (UU No. 22 Tahun 2009).

Tujuan dari pemasangan APILL atau lampu lalu lintas pada suatu persimpangan adalah:

1. Memaksimalkan keamanan sistem secara keseluruhan.
2. Mengurangi waktu tempuh rata-rata disebuah persimpangan sehingga meningkatkan kapasitas jalan.
3. Memaksimalkan tingkat pelayanan jalan diseluruh aliran lalu lintas.

(Milenia, dan Farida, 2022)

3.4.1. Fase Sinyal

Berangkatnya arus lintas selama waktu hijau sangat dipengaruhi oleh rencana fase yang memperhatikan gerakan kanan. Jika arus belok kanan dari suatu pendekat yang ditinjau dan/atau dari arah berlawanan terjadi dalam fase yang sama dengan arus berangkat lurus dan belok kiri dari pendekat tersebut maka arus berangkat tersebut dianggap terlawan. Jika tidak ada arus belok kanan dari pendekat-pendekat tersebut atau jika arus belok kanan diberangkatkan ketika lalu lintas lurus dari arah berlawanan sedang menghadapi merah, maka arus berangkat tersebut dianggap sebagai arus terlindung.

3.4.2. Waktu Antar Hijau Dan Waktu Hilang

Waktu antar hijau didefenisikan sebagai waktu antara hijau suatu fase dan awal waktu hijau fase berikutnya. Waktu antar hijau terdiri dari waktu kuning dan waktu merah semua. Waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase, harus memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan pertama pada fase berikutnya (Akhmad Yusuf, dkk, 2020)

3.4.3. Waktu merah

Menghitung waktu merah semua dihasilkan dari titik konflik pada masing-masing fase. Setelah menghitung waktu atau periode merah-semua untuk masing-masing akhir fase, maka selanjutnya menghitung waktu hilang (LTI) untuk simpang dari jumlah waktu antar hijau (Hidayatulloh, dkk, 2022)

3.4. Geometri di Simpang

Menurut UU No. 22 Tahun 2009, perencanaan perubahan bentuk fisik ruas jalan atau simpang tidak berhubungan secara langsung dengan pengguna lalu lintas.

Perubahan geometri simpang dapat dilakukan dengan penambahan lebar lajur maupun penambahan lajur khusus belok kiri maupun belok kanan yang nantinya akan mempengaruhi saturated flow hingga waktu siklus. Diharapkan dengan adanya langkah nyata penanganan simpang dapat memberikan tingkat pelayanan yang lebih baik kepada pengendara sebagai pengguna jalan (Fatmawati, dan M. Ain, 2021)

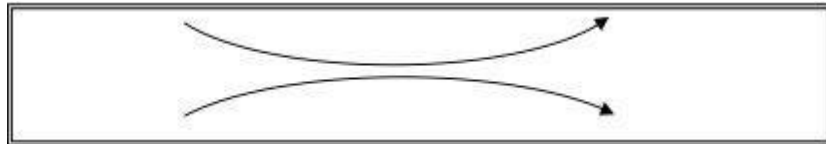
3.5. Pergerakan Arus Lalu Lintas di Persimpangan

Ada 4 (Empat) wujud jenis dasar gerakan lalu lintas dan manuver kendaraan dipersimpangan antara lain, Pemisahan, Penggabungan, Menyalip berpindah jalur serta Penyilangan.

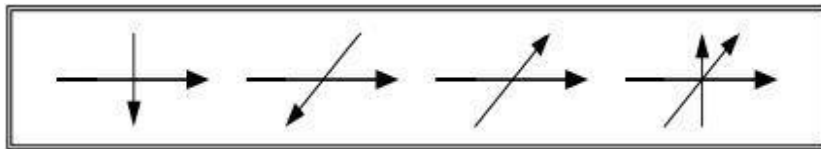
1. Gerakan memisah yaitu Peristiwa berpisah atau berpisahnya kendaraan satu dengan yang lainnya yang melalui sebuah ruas jalan saat kendaraan itu mencapai titik persimpangan.
2. Gerakan penggabungan yaitu Peristiwa bergabungnya kendaraan satu dengan kendaraan lainnya yang bergerak pada persimpangan dari beberapa ruas jalan.
3. Gerakan persilangan yaitu Kejadian pergantian jalur arus kendaraan kearah pendekatan lain, dimana gerakan itu adalah gabungan dari gerakan memisah (*diverging*) serta kemudian bergabung (*merging*) dari beberapa kendaraan.

4. Kegiatan perpotongan yaitu Kejadian pemotongan dari gerakan memotong arus kendaraan yang awalnya hanya satu jalur ke jalur yang lainnya yang bersilangan dipersimpangan, yang kemudian kondisi tersebut bisa menciptakan titik konflik dipersimpangan tersebut (Putri, 2021) Berikut merupakan gambaran dari arus Lalu Lintas di Persimpangan:

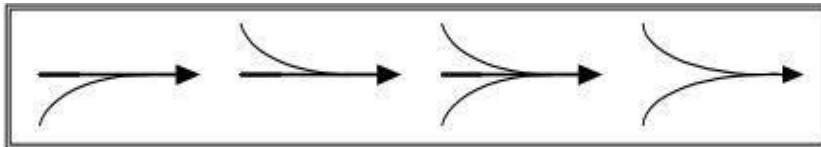
- a. *Weaving* (bertemu lalu berpisah)



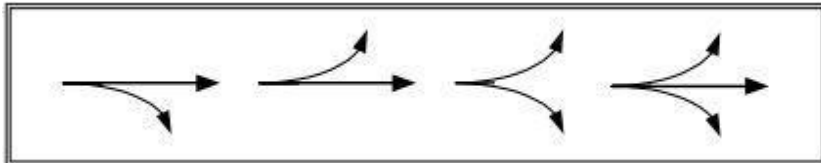
- b. *Crossing* (berpotongan)



- c. *Merging* (bergabung)



- d. *Diverging* (berpisah)

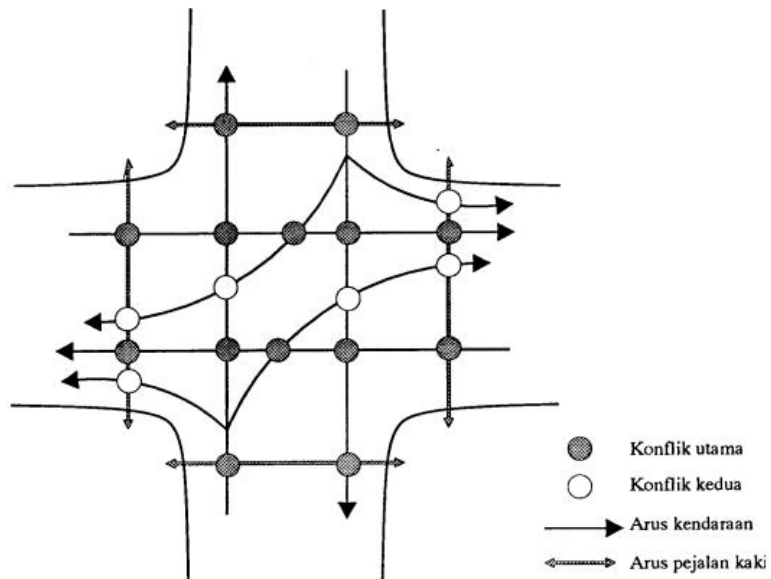


Sumber: Manual kapasitas Jalan Indonesia 1997

Gambar III. 1 Pergerakan arus lalu lintas di persimpangan

3.6. Konflik Di Persimpangan

Menurut MKJI 1997 ada dua konflik di persimpangan diantaranya gerakan-gerakan lalu-lintas yang datang dari jalan jalan yang saling berpotongan (konflik utama), dan gerakan lalu-lintas membelok dari pejalan-kaki yang menyeberang (konflik kedua) berikut dapat dilihat konflik di persimpangan pada Gambar III.2:



Sumber: Manual kapasitas Jalan Indonesia 1997

Gambar III. 2 Konflik di persimpangan

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menghilangkan konflik di persimpangan adalah dengan mengatur pergerakan yang terjadi pada area tersebut (Pangemanan, dan H.Palar, 2021)

3.7. Arus Jenuh

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) tentang kapasitas simpang bersinyal prosedur perhitungan dan analisa suatu simpang APILL dapat diurutkan menjadi lima langkah utama seperti dibawah ini:

1. Langkah A: Data masukan
2. Langkah B: Penggunaan Isyarat
3. Langkah C: Penentuan waktu isyarat
4. Langkah D: Kapasitas dan
5. Langkah E: Kinerja lalu lintas

Ada beberapa kinerja persimpangan bersinyal antara lain kapasitas, derajat kejenuhan, jumlah antrian, dan laju henti. Berikut ini akan diberikan teori penghitungan simpang bersinyal dengan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

Arus Jenuh merupakan hasil kali antara S_o dengan nilai faktor penyesuaian untuk penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal (Milenia, dan Farida, 2022). Untuk penghitungan arus jenuh adalah dengan mengalikan semua faktor yang mempengaruhi pendekatan simpang dengan menggunakan rumus berikut ini:

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

Rumus III. 1

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

- S = arus jenuh
- S_o = arus jenuh dasar
- F_{sf} = Faktor penyesuaian hambatan samping
- F_g = Faktor penyesuaian kelandaian
- F_p = Faktor penyesuaian parkir
- F_{rt} = Faktor penyesuaian belok kanan

3.7.1. S_o (Arus Jenuh Dasar)

Arus jenuh sangat dipengaruhi oleh karakteristik pelepasan arus kendaraan, reaksi pengemudi dan juga karakter pengemudi. Sehingga permulaan keberangkatan arus menyebabkan terjadinya waktu hilang awal (*start lag*) dan disaat akhir pergerakan arus menjelang merah akan terjadi tambahan waktu akhir (*end lag*). Konsep waktu hijau efektif kemudian dijadikan acuan untuk menentukan arus jenuh simpang bersinyal (MKJI, 1997).

Untuk menghitung nilai arus jenuh dasar dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$S_o = 600 \times W_e$$

Rumus III. 2

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.7.2. Fcs (Faktor penyesuaian ukuran kota)

Faktor koreksi ukuran kota apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang. Untuk faktor penyesuaian ukuran kota pada penghitungan kapasitas.

Berikut merupakan faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada Tabel III.3:

Tabel III. 1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)
>3.0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
<0.1	0,82

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.7.3. Fsf (Faktor penyesuaian hambatan samping)

Hambatan samping adalah interaksi antara lalu lintas dan kegiatan yang terjadi di samping jalan yang mengakibatkan adanya pengurangan terhadap arus jenuh di dalam pendekat. Faktor koreksi penyesuaian gesekan samping apabila semakin besar akan mengurangi tundaan dan antrian pada sebuah simpang, dapat dilihat pada tabel III.4:

Tabel III. 2 Faktor penyesuaian hambatan samping

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Rasio kendaraan tak bermotor					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Komersial (COM)	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
Permukiman (RES)	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

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Rasio kendaraan tak bermotor					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Akses terbatas	Tinggi/Sedang/Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.7.4. Fg (Faktor penyesuaian kelandaian)

Faktor koreksi penyesuaian kelandaian apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang.

Untuk menentukan faktor penyesuaian kelandaian digunakan gambar grafik. Dapat dilihat pada Tabel III.5 berikut:

Tabel III. 3 Faktor Penyesuaian Kelandaian

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,30	0,15	0,20	>0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	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	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
		Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
	Sedang	Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
		Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
	Rendah	Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.7.5. Fp (Faktor penyesuaian parkir)

Fasilitas parkir adalah lokasi yang ditentukan sebagai tempat pemberhentian yang bersifat permanen untuk melakukan kegiatan sesuai rencana. Tujuan fasilitas parkir adalah memberikan tempat istirahat bagi kendaraan, jenis fasilitas parkir menurut penempatannya dibagi menjadi 2 yaitu *on street parking* dan *off street parking*. karakteristik parkir meliputi;

- a) Akumulasi parkir yaitu jumlah kendaraan yang diparkir disuatu tempat pada waktu tertentu
- b) Volume parkir yaitu jumlah kendaraan yang terlibat dalam suatu badan parkir dalam periode tertentu, biasanya per hari
- c) Durasi parkir yaitu lamanya suatu kendaraan parkir pada suatu lokasi parkir
- d) Turn over parkir yaitu tingkat penggunaan ruang parkir pada areal parkir pada waktu tertentu
- e) Indeks parkir yaitu persentase ruang yang ditempati oleh kendaraan parkir pada waktu tertentu dibagi ruang parkir seluruhnya faktor penyesuaian parkir disesuaikan dengan menggunakan gambar grafik sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang di parkir pertama. Faktor koreksi penyesuaian parkir apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang. Faktor penyesuaian parkir juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau.

3.7.6. Flt (faktor penyesuaian belok kiri)

Di tentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri dengan rumus:

$$Flt = 1.0 - Plt \times 0.16$$

Rumus III. 3

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

FLT = Faktor penyesuaian belok kiri

PLT = Rasio kendaraan belok kiri, QLT/QTOT

Sedangkan dalam pendekatan-pendekat terlawan (tipe O) pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan penyesuaian untuk pengaruh rasio belok kiri (Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997). Faktor koreksi penyesuaian belok kiri apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang.

3.7.7. F_{rt} (faktor penyesuaian belok kanan)

Di tentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan (hanya untuk pendekatan tipe P, tanpa median, jalan dua arah)

$$F_{rt} = 1.0 + P_{rt} \times 0.26$$

Rumus III. 4

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

P_{RT} = Rasio kendaraan belok kanan, Q_{RT}/Q_{TOT}

Faktor koreksi penyesuaian belok kanan apabila semakin besar akan menambah tundaan antrian pada sebuah simpang.

3.8. Waktu Siklus (c)

Penentuan waktu siklus untuk keadaan dengan kendali tetap dilakukan dengan metode Webster (1966) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang . Pertama ditentukan waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (g) pada masing-masing fase. Untuk menentukan besarnya waktu siklus yang diperlukan oleh suatu persimpangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$C_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR)$$

Rumus III. 5

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan :

C_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian (detik)

IFR = nisbah arus persimpangan ($\sum FR_{crit}$ terbesar)

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

3.9. Waktu Hijau (gi)

Waktu hijau adalah waktu nyala hijau dalam suatu pendekat (Departemen Pekerjaan umum, 1997). Kinerja suatu simpang bersinyal pada umumnya lebih peka terhadap kesalahan–kesalahan dalam pembagian waktu hijau daripada terhadap terlalu panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecilpun dari rasio hijau (g/c) yang ditentukan menghasilkan bertambah tingginya tundaan rata–rata pada simpang tersebut. Untuk menghitung nilai waktu hijau dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times P_{Ri}$$

Rumus III. 6

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

gi = waktu hijau efektif untuk fase i (det)

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

Pri = Rasio fase FRcrit / Σ (FRcrit

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

3.10. Waktu Siklus yang Disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan adalah hasil penjumlahan dari jumlah waktu hijau dengan waktu hilang

$$c = \Sigma g + LTI$$

Rumus III. 7

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Waktu siklus yang layak berdasarkan MKJI 1997 dapat dilihat pada Tabel.4 berikut:

Tabel III. 4 Waktu siklus yang layak

No	Fase	Waktu siklus yang layak (det)
1	2	40-80
2	3	50-100
3	4	80-130

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.11. Kapasitas (C)

Untuk penghitungan kapasitas pada masing-masing pendekat di gunakan rumus berikut:

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

Rumus III. 8

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.12. Rasio Arus (FR)

Untuk menghitung Rasio Arus (FR) masing–masing pendekat dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$FR = Q/S$$

Rumus III. 9

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.13. Rasio Arus Simpang (IFR)

Untuk menghitung rasio arus kritis (IFR) sebagai jumlah dari nilai – nilai FR yang dilingkari (=kritis) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$IFR = E (rit)$$

Rumus III. 10

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.14. Rasio Fase (PR)

Untuk menghitung rasio fase (PR) masing – masing fase sebagai rasio antara F_{crit} dan IFR dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$PR = FR_{crit}/IFR$$

Rumus III. 11

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.15. Derajat kejenuhan (DS)

Pada saat terjadi kemacetan, nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan akan ditinjau dimana kemacetan akan terjadi bila nilai derajat kejenuhan mencapai lebih dari 0,5 (Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997). Derajat kejenuhan merupakan rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$DS = Q_{total} / C$$

Rumus III. 12

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.16. Jumlah Antrian (NQ)

Jumlah antrian adalah jumlah kendaraan yang berhenti di persimpangan selama sinyal merah.

Berikut rumus untuk menentukan jumlah antrian:

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Rumus III. 13

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

NQ = Jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ2 = Jumlah smp yang datang selama waktu merah

Hasil perhitungan derajat kejenuhan digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Untuk derajat kejenuhan, $DS > 0,5$ maka penghitungan jumlah antrian menggunakan rumus berikut ini:

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

Rumus III. 14

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Sedangkan untuk nilai $DS < 0,5$, maka $NQ1 = 0$

$NQ1$ = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Untuk menentukan jumlah antrian yang datang selama fase merah digunakan rumus sebagai berikut ini:

$$NQ2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Rumus III. 15

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

$NQ2$ = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau (g/c)

c = Waktu siklus (detik)

Q = Arus lalu lintas pada tempat di luar LTOR (smp/jam)

$NQ2$ = jumlah smp yang datang selama fase merah Untuk mendapatkan berapa jumlah antrian total yaitu dihitung dengan cara menjumlahkan jumlah antrian yang pertama dengan jumlah antrian yang kedua.

3.17. Panjang Antrian (QL)

Panjang antrian di hitung dengan mengalikan NQ maks dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp. Luas rata-rata yang digunakan adalah 20 m^2 . Rumus yang digunakan untuk menghitung panjang antrian adalah sebagai berikut:

$$QL = (NQ_{\max} \times 20) \times We$$

Rumus III. 16

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

QL = Panjang antrian (m)

$NQ_{\max}$ = Jumlah antrian maksimum

3.18. Laju Henti (NS)

Untuk angka henti masing-masing pendekat yang di definisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

Rumus III. 17

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

NS = laju henti (stop/smp)

NQ = jumlah antrian (smp)

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

c = waktu siklus (detik)

Setelah menghitung laju henti, untuk menghitung jumlah kendaraan terhenti (Nsv) masing-masing pendekat dapat di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$Nsv = Q \times NS$$

Rumus III. 18

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.19. Tundaan (D)

Tundaan merupakan waktu yang hilang akibat dipengaruhi oleh suatu unsur yang tidak dapat dikendalikan oleh pengendara baik didalam arus lalu lintas itu sendiri maupun dari arus lalulintas lain.

3.19.1. Tundaan lalu lintas

Tundaan ini disebabkan korelasi lalu lintas terhadap gerakan lain yang terdapat pada suatu simpang (Prastio, dkk, 2022)

Untuk menghitung tundaan lalu lintas rata-rata dapat di hitung dengan menggunakan rumus rumus berikut ini:

$$DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{c}$$

Rumus III. 19

$$A = \frac{0,5 (1-GR)^2}{(1-GR) \times DS}$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

DT= Tundaan lalu lintas rata-rata

C= Waktu siklus yang disesuaikan (det)

GR= Rasio hijau (g/c)

3.19.2. Tundaan geometri

Tundaan geometri pada masing – masing kaki simpang di hitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$DG = (1 - P_{sv}) \times P_t \times 6 + (P_{sv} \times 4) \quad \textbf{Rumus III. 20}$$

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan:

DG = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

Psv = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat

PT = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

3.19.3. Tundaan rata-rata

Tundaan rata-rata pada tiap-tiap kaki simpang di hitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$D = \frac{\sum(Q_j \times D_j)}{Q_{tot}}$$

Rumus III. 21

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3.20. Tingkat Pelayanan (Level of Services)

Kapasitas jalan adalah jumlah lalu lintas kendaraan maksimum yang dapat ditampung pada ruas jalan selama kondisi tertentu (desain geometri, lingkungan, dan komposisi lalu lintas) yang dapat ditentukan dalam satuan

penumpang (smp/jam). Antrian pada jaringan simpang bersinyal terjadi akibat durasi rata-rata antrian kendaraan melebihi waktu hijau (sinyal jalan), bahkan dapat mencapai seluruh panjang lengan pendekat. Hambatan pada simpang bersinyal antara lain waktu tunggu yang lama pada kondisi arus puncak, sehingga meningkatkan panjang antrian kendaraan pada lengan simpang. Kemacetan yang terjadi pada persimpangan merupakan indikasi jenuhnya kapasitas simpang pada kondisi arus puncak.

Penilaian tingkat pelayanan simpang berdasarkan nilai tundaan kendaraan yang terjadi pada simpang. Tundaan merupakan total waktu hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan sewaktu melewati suatu simpang. Nilai tundaan mempengaruhi nilai waktu tempuh kendaraan. Semakin tinggi nilai tundaan, semakin tinggi pula waktu tempuh (Hasanuddin, dkk, 2021)

Berikut merupakan tingkat pelayanan simpang berdasarkan tundaan simpang rata-rata, dapat dilihat pada Tabel III.4:

Tabel III. 5 KarakteristikTingkat pelayanan berdasarkan tundaan

TINGKAT PELAYANAN	TUNDAAN (det / smp)	KETERANGAN
A	< 5	BAIK SEKALI
B	5,1 – 15	BAIK
C	15,1 – 25	SEDANG
D	25 – 40	KURANG
E	40,1 – 60	BURUK
F	> 60	BURUK SEKALI

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015

BAB IV

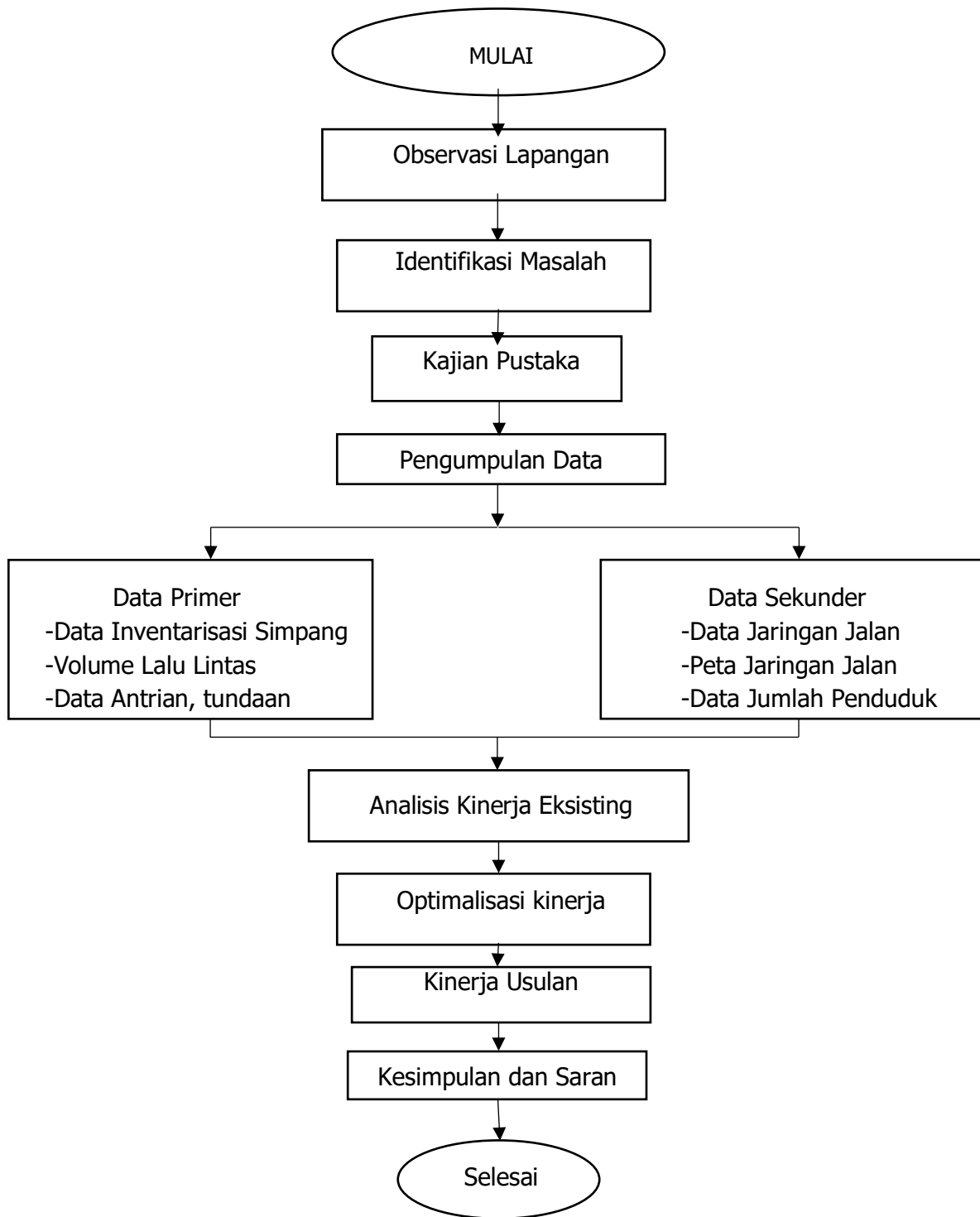
METODOLOGI PENILITIAN

4.1. Alur Pikir

Penulis mulai dengan observasi wilayah kajian penelitian untuk memahami kondisi sebenarnya yang ada di simpang ini. Setelah memahami kondisi wilayah kajian penulis mengidentifikasi permasalahan yang ada kemudian dilakukan pengumpulan data sekunder dan data primer terkait penelitian ini. Setelah semua data terkumpul, maka dilakukan analisis kinerja eksisting simpang dengan beberapa metode dan pedoman yang dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

Penulis dapat melakukan penelitian setelah mengetahui permasalahan terkait kinerja pelayanan simpang yang disesuaikan dengan indikator-indikator penilaian kinerja persimpangan, melalui data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan tadi maka dilakukan analisis kinerja simpang kondisi usulan, setelah kinerja usulan didapat maka berdasarkan hasil kesimpulan dan saran yang berisi usulan terbaik optimalisasi kinerja simpang bersinyal ini dapat terealisasi.

4.2. Bagan Alir



Gambar IV. 1 Bagan Alir Penelitian

4.3. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan guna mendapatkan hasil pengolahan data yang didukung data sekunder yang diperoleh dari Tim PKL Kabupaten Pemalang dan instansi terkait.

Berikut data yang yang didapat dan tindak lanjutnya guna penyelesaian analisa kinerja eksisting dan usulan:

NO	DATA	SUMBER	TINDAK LANJUT
1.	Data inventarisi simpang	Survei Inventarisasi Simpang	Analisis kinerja simpang
2.	Data gerakan membelok terklasifikasi pada simpang	Survei CTMC	Analisis kinerja simpang
3.	Data antrian pada simpang	Survei Antrian	Analisis kinerja simpang
4.	Data tundaan pada simpang	Survei Tundaan	Analisis kinerja simpang
5.	Peta Jaringan Jalan	Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022	Mengetahui Jaringan Jalan wilayah studi
6	Data Jumlah Penduduk	Badan Pusat Statistik Kabupaten Pemalang	Mengetahui Jumlah Penduduk Kabupaten Pemalang

- a. Data inventarisasi simpang, untuk memperoleh data ini maka harus dilakukan survei inventarisasi simpang dengan mengamati, mengukur dan mencatat ke dalam formulir survei sesuai dengan target data yang

akan diambil, survei ini telah dilakukan dalam pengumpulan data pada Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022 2022. Kemudian data ini digunakan sebagai analisis kinerja simpang dalam mengetahui kondisi geometri simpang.

- b. Data gerakan membelok terklasifikasi pada simpang, untuk memperoleh data ini maka harus dilakukan survei gerakan membelok pada simpang dengan melakukan pengamatan dan pencacahan langsung pada tiap – tiap kaki simpang dalam periode waktu tertentu, survei ini telah dilakukan dalam pengumpulan data pada Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022 2022. Kemudian data ini digunakan sebagai analisis kinerja simpang dalam mengetahui tingkat kepadatan lalu lintas pada suatu persimpangan berdasarkan volume lalu lintas terklasifikasi yang mencakup jenis kendaraan dan arah gerak kendaraan simpang.
- c. Data antrian pada simpang, untuk memperoleh data ini maka harus dilakukan survei antrian pada simpang dengan melakukan pengamatan, mengukur dan mencatat panjang antrian pada simpang tersebut, survei ini telah dilakukan dalam pengumpulan data pada laporan umum tim PKL Kabupaten Pemalang 2022. Kemudian data ini digunakan sebagai analisis kinerja simpang untuk mengetahui panjang antrian rata-rata kendaraan pada simpang.
- d. Data tundaan pada simpang untuk memperoleh data ini maka harus dilakukan survei tundaan pada simpang dengan melakukan pengamatan, mengukur dan mencatat besar tundaan pada simpang tersebut, survei ini telah dilakukan dalam pengumpulan data pada laporan umum tim PKL Kabupaten Pemalang 2022. Kemudian data ini digunakan sebagai analisis kinerja simpang untuk mengetahui besar tundaan rata-rata kendaraan pada simpang.
- e. Peta jaringan jalan wilayah studi, untuk memperoleh data ini sebelumnya sudah berkoordinasi dengan pihak Dinas Pekerja Umum dalam pengambilan peta jaringan jalan wilayah Kabupaten hal ini telah dilakukan dalam pengumpulan data pada laporan umum Tim PKL

Kabupaten Pemalang 2022. Kemudian data ini digunakan sebagai analisis kinerja simpang untuk mengetahui profil wilayah studi.

- f. Data Jumlah Penduduk, untuk memperoleh data ini sudah berkoodinasi dengan pihak terkait yang mana digunakan untuk analisis data.

4.4. Metode Analisis Data

- a. Analisis kondisi eksisting

Merupakan tahapan penulis mengolah data yang diperoleh dari data Tim PKL Kabupaten Pemalang dan Dinas terkait, kemudian penulis menggunakannya sebagai bahan analisis unjuk optimalisasi kinerja simpang.

- b. Optimalisasi

Merupakan tahapan analisis kinerja simpang, diantaranya:

- a. Melakukan analisa kinerja saat ini di Simpang Gandulan
- b. Optimalisasi simpang
- c. Menentukan usulan pada simpang Gandulan:

Usulan dengan fase saat ini dan merubah waktu siklus

- c. Perbandingan

Pada tahapan keempat ini akan didapatkan kesimpulan serta saran yang paling direkomendasikan dari usulan–usulan yang telah dibuat mengenai optimalisasi Simpang Gandulan

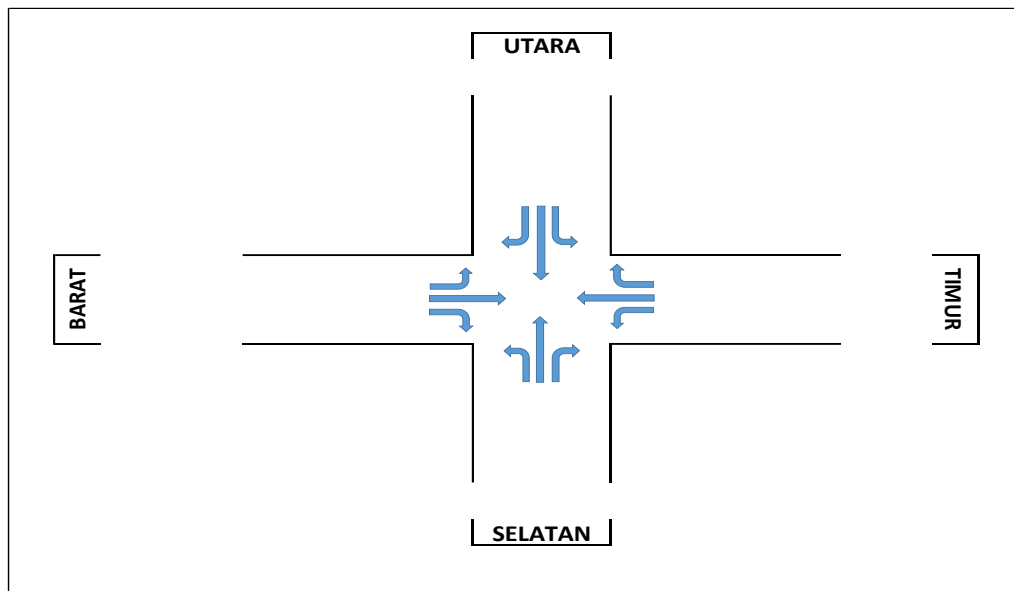
BAB V

ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

5.1. Analisis Kinerja Simpang Pada Kondisi Saat Ini

Simpang Gandulan merupakan jaringan jalan yang menjadi rute yang penghubung lalu lintas antara kabupaten Pemalang dengan Kabupaten Pekalongan (arah timur dan barat) juga menghubungkan lintasan antar kabupaten dimana kabupaten Pemalang menjadi rute perlintasan (arah timur dan utara), rute ini dilintasi oleh kendaraan angkutan barang yang cukup besar, volume lalu lintas pada kaki simpang tersebut meningkat dimana ketika masyarakat melakukan aktifitas, kemudian Simpang ini adalah simpang yg menghubungkan jalan pantura dan jalan exit tol

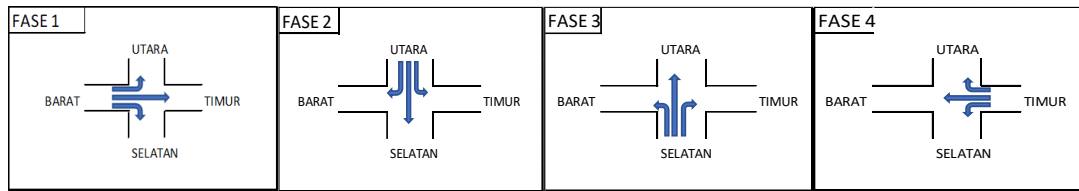
Berikut merupakan Gambar V.1 arah arus lalu lintas Simpang Gandulan



Sumber: Hasil analisis

Gambar V. 1 Arah arus lalu lintas Simpang Gandulan

Simpang Gandulan memiliki jumlah fase sebanyak 4 fase, Berikut Gambar V.2 Fase sinyal Simpang Gandulan:



Sumber: Hasil analisis

Gambar V. 2 Fase sinyal Simpang Gandulan

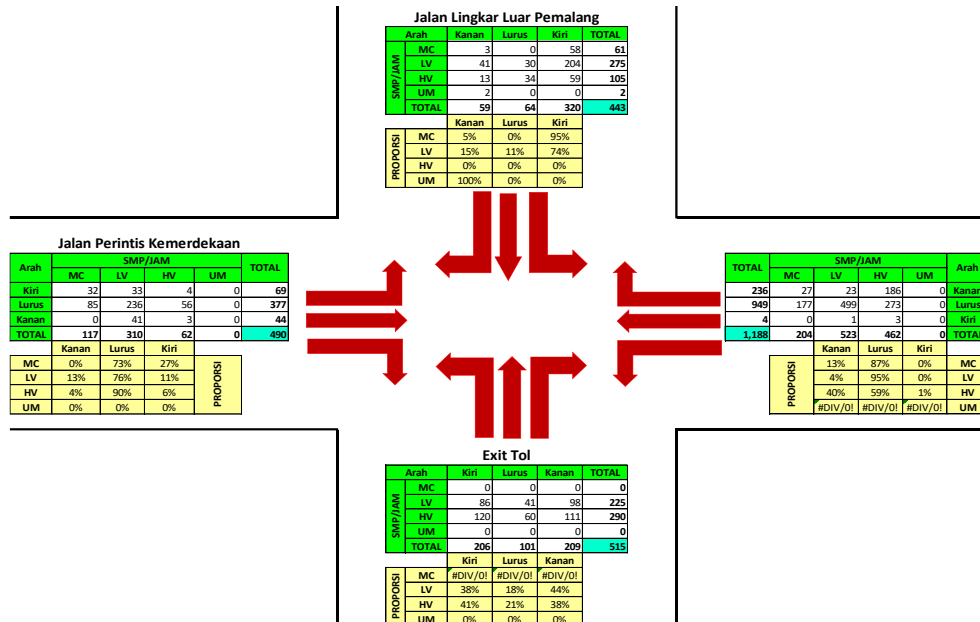
Hasil inventarisasi pendekat pada Simpang Gandulan, dapat dilihat pada Tabel V.1 berikut ini:

Tabel V. 1 Inventarisasi pendekat Simpang Gandulan

No	Nama Jalan	Kode Pendekat	Tipe jalan	Tipe Pendekat
1	Jalan Perintis kemerdekaan	B	4/2 D	Terlindung
2	Exit Tol	S	4/2 D	Terlindung
3	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	4/2 D	Terlindung
4	Jalan Raya Petarukan	T	4/2 D	Terlindung

Sumber: Hasil analisis

Berikut merupakan Gambar V. 3 *Flow Diagrams* Simpang Gandulan untuk mengetahui volume dan jenis kendaraan yang masuk ke simpang:



Sumber: Hasil analisis

Gambar V. 3 *Flow Diagrams* Simpang Gandulan

Setelah didapatkan gambaran kondisi wilayah kajian ini maka berikut merupakan analisis dan hasil perhitungan untuk kondisi eksisting Simpang Gandulan:

5.1.1. Kapasitas

Kapasitas simpang bersinyal dipengaruhi oleh arus jenuh, waktu siklus hijau, dan total waktu siklus. Kapasitas simpang berbeda-beda menurut karakteristik kaki simpang dan faktor-faktor penyesuaian lainnya, seperti ukuran kota, hambatan samping. Kapasitas simpang dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti tercantum pada:

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

Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi besar-kecilnya kapasitas suatu simpang:

5.1.2. Arus Jenuh

Arus jenuh simpang dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

a) Arus Jenuh Dasar (S_o)

Analisis terhadap arus lalu lintas dalam pengaturan waktu siklus lampu lalu lintas dilakukan dengan memperhitungkan lebar efektif mulut simpang dan arus lalu lintas yang melalui simpang tersebut berdasarkan data hasil survei. Perhitungan arus jenuh terlebih dahulu menghitung faktor-faktor yang mempengaruhi faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kapasitas tersebut. Berikut perhitungan arus jenuh dasar pada salah satu ruas kaki Exit Toll:

$$\begin{aligned} S_o &= 600 \times W_e \\ &= 600 \times 7 \\ &= 4200 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Dapat dilihat perhitungan tiap kaki pada Tabel V.2 Nilai arus jenuh dasar di bawah ini:

Tabel V. 2 Nilai arus jenuh Simpang gandan

No	Tipe Arus	Kode Pendekat	We (m)	Nilai Arus Jenuh Dasar (smp/jam)
1	P	U	7	4200
2	P	S	10,59	6354
3	P	T	6,8	4080
4	P	B	6,8	4080

Sumber: Hasil Analisis

b) Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})

Faktor Penyesuaian kota dapat dilihat dari populasi penduduk wilayah studi tersebut. Kabupaten Pemalang memiliki jumlah penduduk 1.471.489 jiwa, jadi untuk faktor penyesuaian ukuran kota $F_{cs} = 1,00$ untuk range antara 1.000.000 – 3.000.000 penduduk.

c) Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{sf}) Untuk faktor penyesuaian hambatan samping (F_{sf}) dapat dilihat pada Tabel V.3 berikut:

Tabel V. 3 Faktor penyesuaian hambatan samping Simpang Gandulan

No	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Hambatan Samping	Tipe Lingkungan Jalan	F_{sf}
1	U	Jalan Lingkar Luar Pemalang	Rendah	COM	0,95
2	S	Exit Toll Pemalang	Rendah	COM	0,95
3	T	Jalan Raya Petarukan	Rendah	COM	0,95
4	B	Jalan Perintis kemerdekaan	Sedang	COM	0,94

Sumber: Hasil Analisis

d) Faktor Kelandaian (F_g)

Kelandaian persimpangan masing-masing kaki Simpang Gandulan adalah datar (0%), oleh karena itu $F_g = 1,00$

e) Faktor Penyesuaian Parkir (Fp)

Di Simpang Gandulan tidak terdapat parkir on-street, sehingga untuk faktor penyesuaian parkir $F_p = 1,00$

f) Faktor Penyesuaian Belok Kanan (f_{rt})

Faktor penyesuaian belok kanan dipengaruhi oleh persentase belok kanan. Berikut perhitungan pada ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang (U) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{rt} &= 1,0 + P_{rt} \times 0,26 \\ &= 1,0 + \frac{Q_{RT}}{Q_{TOT}} \times 0,26 \\ &= 1,0 + \frac{117}{943} \times 0,26 \\ &= 1,0 + 0,12 \times 0,26 \\ &= 1,03 \end{aligned}$$

g) Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Faktor penyesuaian belok kiri dipengaruhi oleh persentase belok kiri. Berikut perhitungan pada ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang (U) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{lt} &= 1,0 + P_{lt} \times 0,16 \\ &= 1,0 + \frac{Q_{LT}}{Q_{TOT}} \times 0,16 \\ &= 1,0 + \frac{698}{943} \times 0,16 \\ &= 1,0 + 0,75 \times 0,16 \\ &= 0,88 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan penyesuaian belok kiri dan kanan pendekat Simpang Gandulan dapat di lihat pada Tabel V.4 berikut:

Tabel V. 4 Faktor penyesuaian belok kiri dan kanan Simpang Gandulan

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Prt	Frt	Plt	Flt
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	0,12	1,03	0,75	0,88
2	Exit Toll	S	0,40	1,11	0,40	0,94
3	Jalan Raya Petarukan	T	0,19	1,05	0,00	1,00
4	Jalan Perintis kemerdekaan	B	0,07	1,02	0,17	0,97

Sumber: Hasil Analisis

Setelah mengetahui faktor-faktor penyesuaian dapat ditentukan nilai arus jenuh, perhitungan ruas kaki Lingkar Luar Pemalang (U) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt} \\
 &= 4200 \times 1,00 \times 0,95 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,03 \times 0,88 \\
 &= 3618 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Nilai arus jenuh tiap kaki Simpang Gandulan dapat dilihat pada Tabel V.5 berikut:

Tabel V. 5 Arus jenuh Simpang Gandulan

No	Kaki Simpang	S _o (smp/ jam)	F _{cs}	F _{sf}	F _g	F _p	F _{rt}	F _{lt}	S (smp/ Jam)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	4200	1,00	0,95	1,00	1,00	1,03	0,88	3618
2	Exit Toll	6354	1,00	0,95	1,00	1,00	1,11	0,94	6346
3	Jalan Raya Petarukan	4080	1,00	0,95	1,00	1,00	1,05	1,00	4022

No	Kaki Simpang	So (smp/jam)	Fcs	Fsf	Fg	Fp	Frt	Flt	S (smp/Jam)
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	4080	1,00	0,94	1,00	1,00	1,02	0,97	3843

Sumber: Hasil Analisis

5.1.3. Waktu Siklus

Dengan melakukan survei di lapangan maka kondisi saat ini jumlah fase 4 waktu siklus total 241 detik dapat diketahui dengan menggunakan alat stop watch, hasil yang diperoleh dari survei dapat dilihat dari Tabel V.6 di bawah ini:

Tabel V. 6 Waktu siklus Simpang Gandulan

No	Kaki Simpang	Tipe Fase	Merah	Hijau (g)	Kuning	All red	Fase	Waktu Siklus (C)
1	Lingkar Luar Pemalang	P	175	51	3	3	2	241
2	Exit Toll	P	176	50	3		4	241
3	Jalan Raya Petarukan	P	151	75	3		3	241
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	P	185	41	3		1	241

Sumber: Hasil Analisis

Berikut Gambar V.4 diagram fase Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas Simpang Gandulan yang menggambarkan kondisi waktu sinyal saat ini:

B	41	3	3	54	3	78	3	53	3
U	44	3	51	3	3	78	3	53	3
T	44	3	54	3	75	3	3	53	3
S	44	3	54	3	78	3	50	3	3

Sumber: Hasil Analisis

Gambar V. 4 Waktu siklus Simpang Gandulan Saat Ini

Setelah didapatkan nilai hasil perhitungan arus jenuh, waktu siklus hijau, dan total waktu siklus. Kapasitas pada ruas kaki Lingkar Luar Pemalang (U) dihitung dengan menggunakan rumus seperti tercantum:

$$\begin{aligned} C &= S \times (g/c) \\ &= 3618 \times (51/241) \\ &= 766 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Berikut Tabel V.7 kapasitas pendekat Simpang Gandulan kondisi saat ini:

Tabel V. 7 Kapasitas Simpang Gandulan

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Nilai Arus Jenuh (smp/jam)	Hijau(g) (detik)	Waktu Siklus(c) (detik)	Kapasitas (C) smp/jam
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	3618	51	241	766
2	Exit Toll	S	6342	50	241	1296
3	Jalan Raya Petarukan	T	4022	75	241	1252
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	3843	41	241	654

Sumber: Hasil Analisis

5.1.4. Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan ruas kaki Lingkar Luar Pemalang (U) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} DS &= Q \text{ total} / C \\ &= 441 / 776 \\ &= 0,58 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan derajat kejenuhan pada Simpang Gandulan tertinggi pada kaki simpang Jalan Raya Petarukan dengan derajat kejenuhan sebesar 0,95 dapat dilihat pada Tabel V.8:

Tabel V. 8 Derajat kejenuhan Simpang Gandulan

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas (smp)	Kapasitas (smp/jam)	DS
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	441	766	0,58
2	Exit Toll	S	515	1296	0,40
3	Jalan Raya Petarukan	T	1188	1252	0,95
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	490	654	0,75

Sumber: Hasil Analisis

5.1.5. Jumlah Antrian

$$\begin{aligned}
 NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \\
 &= 0,25 \times 766 \times \left[(0,58 - 1) + \sqrt{(0,58 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,58 - 0,5)}{766}} \right] \\
 &= 0,18
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_2 &= c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
 &= 241 \times \frac{1 - 0,21}{1 - 0,21 \times 0,58} \times \frac{441}{3600} \\
 &= 7,74
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
 &= 0,18 + 7,74 \\
 &= 7,92
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan nilai NQmax pada pendekat Simpang Gandulan, dapat dilihat pada Tabel V.9:

Tabel V. 9 NQmax pendekat Simpang Gandulan

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Jumlah Kendaraan Antri (smp)			
			NQ1	NQ2	NQ	NQmax
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	0,18	7,74	7.92	7,92
2	Exit Toll	S	-0,17	8,69	8.52	8,52
3	Jalan Raya Petarukan	T	7,23	22,71	29.94	29,94
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	0,98	9,11	10.09	10,09

Sumber: Hasil Analisis

5.1.6. Panjang Antrian (QL)

Untuk menghitung panjang antrian kendaraan dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned}
 QL &= (Nq_{max} \times 20) / We \\
 &= (7,92 \times 20) / 7 \\
 &= 22,61 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Pada Simpang Gandulan antrian terpanjang pada Jalan Raya Petarukan sepanjang 88 m. Berikut pada Tabel V.10 hasil perhitungan:

Tabel V. 10 Panjang antrian kendaraan pada Simpang gandulan

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	NQmax (smp)	We	Panjang Antrian (QL)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	7,92	7,00	22,61
2	Exit Toll	S	8,52	10,59	16,09
3	Jalan Raya Petarukan	T	29,94	6,80	88,06
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	10,09	6,80	29,67

Sumber: Hasil Analisis

5.1.7. Laju Henti

Laju henti pendekat Simpang Gandulan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} NS &= 0,9 \times (NQ/Q \times c) \times 3600 \\ &= 0,9 \times (7,92 / 441 \times 241) \times 3600 \\ &= 0,24 \end{aligned}$$

Berikut perhitungan laju henti tiap pendekat Simpan Gandulan, dapat dilihat pada Tabel V.11 berikut:

Tabel V. 11 Laju henti pendekat Simpang Gandulan

No	Kode Pendekat	NQ total	Q (smp/jam)	Waktu Siklus (C)	NS (smp)
1	U	7.92	441	241	0,24
2	S	8.52	515	241	0,22
3	T	29.94	1188	241	0,34
4	B	10.09	490	241	0,28

Sumber: Hasil Analisis

5.1.8. Tundaan

Setiap pendekat tundaan lalu lintas rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$DT = c \times A + \frac{NQ \times 3600}{C} \quad A = \frac{0,5 (1-GR)^2}{(1-GR) \times DS}$$

Berikut perhitungan tundaan lalu lintas rata-rata pada kaki simpang ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang:

$$\begin{aligned} DT &= 241 \times \frac{0,5 \times (1-0,21)^2}{(1-0,21) \times 0,58} + \frac{0,18 \times 3600}{766} \\ &= 86,13 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Perhitungan tundaan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel V.12 berikut ini:

Tabel V. 12 Tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat Simpang Gandulan

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	DS	Rasio Hijau (GR)	NQ1 (smp)	Kapasitas (C)	Tundaan Lalu Lintas (DT)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	0,58	0,21	0,18	766	86,13
2	Exit Toll	S	0,40	0,21	-0,17	1296	82,01
3	Jalan Raya Petarukan	T	0,95	0,31	7,23	1252	101,95
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	0,75	0,17	0,98	654	100,51

Sumber: Hasil Analisis

Untuk menghitung tundaan geometri rata-rata pada tiap-tiap pendekat, berikut perhitungan pendekat ruas kaki Lingkar Luar Pemalang dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 DG &= (1 - PSV) \times P_t \times 6 + (PSV \times 4) \\
 &= (1 - 0,24) \times 0,75 \times 6 + (0,24 \times 4) \\
 &= 0,87 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tundaan geometri rata-rata pada tiap pendekat Simpang Gandulan dapat dilihat pada Tabel V.13 berikut ini:

Tabel V. 13 Tundaan Geometri rata-rata pada pendekat Simpang Gandulan

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Laju Henti (NS)	Rasio Kendaraan Belok Kanan (smp/jam)	Tundaan Geometri (DG)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	0,24	0,12	0,87
2	Exit Toll	S	0,22	0,40	1,89

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Laju Henti (NS)	Rasio Kendaraan Belok Kanan (smp/jam)	Tundaan Geometri (DG)
3	Jalan Raya Petarukan	T	0,34	0,19	2,35
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	0,28	0,07	2,11

Sumber: Hasil Analisis

Setiap pendekat tundaan rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 D &= DT + DG \\
 &= 86,13 + 0,87 \\
 &= 87,00 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan Tabel V.14 Tundaan rata-rata pada Simpang Gandulan:

Tabel V. 14 Tundaan rata-rata pada Simpang Gandulan

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas (Q)	Jumlah Kendaraan Terhenti (NSV)	Tundaan Lalu Lintas Rata-rata (DT)	Tundaan Geometri Rata-rata (DG)	Tundaan Rata rata (D=DT+DG)	Tundaan Total DxQ (smp.det)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	441	106	86,13	0,87	87,00	38,359
2	Exit Toll	S	515	115	82,01	1,89	83,90	43,202
3	Jalan Raya Petarukan	T	1188	402	101,95	2,35	104,30	123,942
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	490	136	100,51	2,11	102,62	50,261
Tundaan Simpang Rata-Rata (det/smp)								118,557

Sumber: Hasil Analisis

Dari hasil analisis kondisi saat ini menunjukkan bahwa kinerja Simpang Gandulan memiliki tingkat pelayanan yang sangat buruk, Hal ini dapat dilihat pada tabel di atas yang menunjukkan bahwa tundaan simpang rata-rata pada Simpang Gandulan adalah sebesar 118,557 det/smp, dimana tundaan ini dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan suatu persimpangan. Sehingga berdasarkan Indeks Tingkat Pelayanan Simpang (Peraturan Menteri Perhubungan No 96 Tahun 2015) maka kondisi saat ini Simpang Gandulan memiliki nilai F. Analisis kondisi eksisting ditunjukkan pada daftar LAMPIRAN.

5.2. Optimalisasi Kinerja Simpang

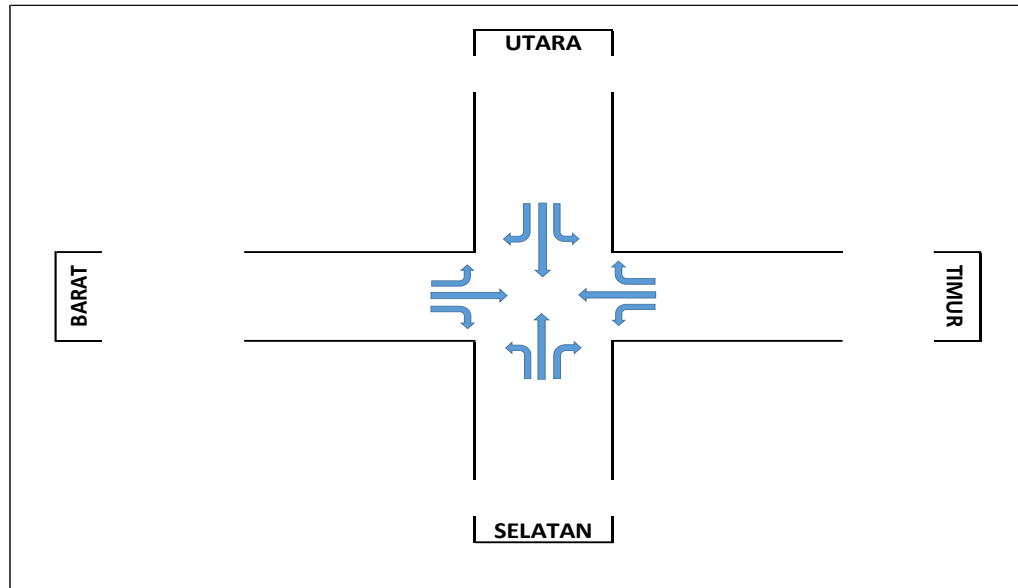
Simpang Gandulan merupakan akhir dari jalan tol Pejagan-Pemalang untuk selanjutnya pengendara dapat melanjutkan perjalanan ke tol fungsional Pemalang-Batang dan Batang-Semarang, Rute ini juga dilintasi oleh kendaraan angkutan barang yang cukup besar. Permasalahan yang sering terjadi pada Simpang Gandulan ada pada kaki timur yaitu ruas Jalan Raya Petarukan yang menghubungkan lalu lintas antara kabupaten Pemalang dengan Kabupaten Pekalongan, Tundaan total yang tinggi 123,942 smp.det dimana ketika waktu hijau berjalan tidak bisa menghabiskan tundaan pada simpang tersebut, pada kondisi saat ini simpang belum bisa menampung volume lalu lintas yang padat pada jam-jam sibuk, terlebih lagi banyaknya kendaraan berat yang melintas mengakibatkan antrian yang panjang, sehingga ketika fase hijau berikutnya antrian 1 pleton masih tersisa dan tertahan.

Berikut metode analisis yang akan dilakukan, optimalisasi kinerja berupa usulan yang disarankan pada Simpang Gandulan:

5.3. Analisis Kinerja Persimpangan Usulan I

Berikut merupakan gambaran Simpang Gandulan usulan I yang mana simpang ini mengalami perubahan pada pengaturan fase dan waktu siklus sehingga mempengaruhi kinerja persimpangan yang dirancang akan meningkatkan ke kinerja persimpangan yang lebih baik.

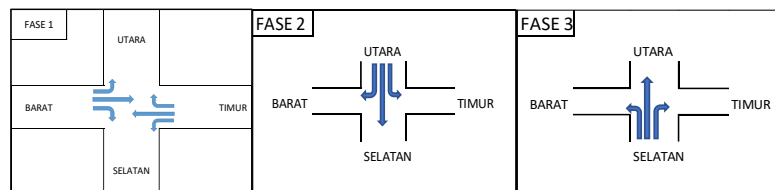
Berikut merupakan Gambar V.5 arah arus lalu lintas usulan I



Sumber: Hasil analisis

Gambar V. 7 Arah arus lalu lintas Simpang Gandulan usulan I

Pada analisis usulan I ini mengubah pengaturan fase Simpang Gandulan yang semula 4 fase menjadi 3 fase dan mengubah waktu siklus total yang diperlukan usulan persimpangan 3 fase ini. Berikut Gambar V.6 Fase sinyal Simpang Gandulan:



Sumber: Hasil analisis

Gambar V. 8 Fase sinyal Simpang Gandulan usulan II

Hasil inventarisasi pendekat pada Simpang Gandulan, dapat dilihat pada Tabel V.15 berikut ini:

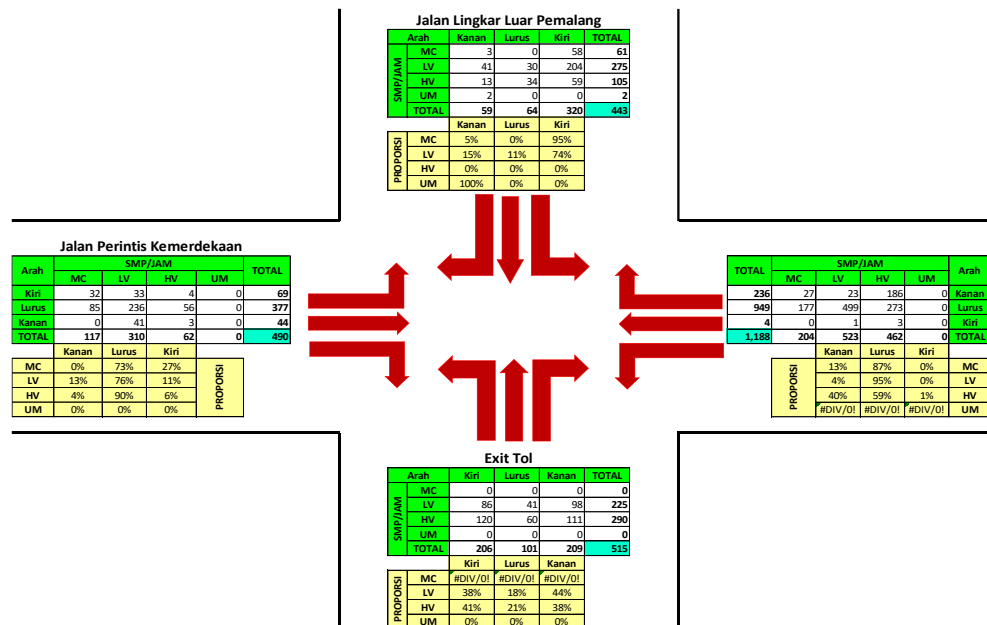
Tabel V. 15 Inventarisasi pendekat Simpang Gandulan

No	Nama Jalan	Kode Pendekat	Tipe jalan	Tipe Pendekat
1	Jalan Perintis kemerdekaan	B	4/2 D	Terlindung
2	Exit Tol	S	4/2 D	Terlindung

No	Nama Jalan	Kode Pendekat	Tipe jalan	Tipe Pendekat
3	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	4/2 D	Terlindung
4	Jalan Raya Petarukan	T	4/2 D	Terlindung

Sumber: Hasil analisis

Berikut merupakan Gambar V. 7 *Flow Diagrams* Simpang Gandulan untuk mengetahui volume dan jenis kendaraan yang masuk ke simpang:



Sumber: Hasil analisis

Gambar V. 9 *Flow Diagrams* Simpang Gandulan

Optimalisasi dengan pengaturan fase dan waktu siklus yang disesuaikan dengan kondisi arus lalu lintas pada persimpangan. Sehingga yang dikaji pada usulan ini yaitu penyesuaian waktu siklus dan fase dengan volume kendaraan saat ini, yaitu untuk mencari kinerja Simpang Gandulan yang optimum. Untuk meningkatkan kinerja Simpang Gandulan pada usulan I maka dilakukan perubahan fase dan *circle time*, optimalisasi dilakukan dengan merubah fase dan circle time yang semula dengan 4 fase 241 detik menjadi 3 fase 90 detik Kinerja simpang setelah dilakukan optimalisasi dapat dilihat di bawah ini:

5.3.1. Waktu siklus

Dengan melakukan survei di lapangan maka kondisi saat ini waktu siklus dapat diketahui dengan menggunakan alat stop watch, hasil yang diperoleh dari survei dapat dilihat dari Tabel V.16 di bawah ini:

Tabel V. 16 Waktu siklus Simpang Gandulan Saat Ini

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Tipe Fase	Hijau (g)	Waktu Siklus (c)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	P	51	241
2	Exit Toll	S	P	50	241
3	Jalan Raya Petarukan	T	P	75	241
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	P	41	241

Sumber: Hasil Analisis

Untuk menentukan besarnya waktu siklus yang diperlukan oleh suatu persimpangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Cua} &= (1,5 \times \text{LTI} + 5) / (1 - \Sigma \text{FR}) \\ &= (1,5 \times 18 + 5) / (1 - 0,50) \\ &= 64 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari hasil di atas menunjukkan 64 detik waktu siklus sebelum penyesuaian. Untuk penyesuaian waktu siklus yang disarankan dari Buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, waktu siklus yang diambil untuk tiga fase adalah 50-100. Untuk waktu yang lebih rendah dari yang disarankan akan menyulitkan pejalan kaki ketika menyebrang, setelah didapat hasil dari perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian telah melebihi detik yang disarankan, penulis mengambil waktu siklusnya 90 detik sesuai dengan angka yang disarankan disesuaikan.

Untuk mencari Waktu Hijau pada tiap-tiap fase kaki simpang, dapat dicari dengan waktu siklus dikurangi waktu hilang kemudian dikalikan dengan rasio fase perkaki dibagi jumlah rasio fase dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 g_i &= (C_{ua} - LTI) \times PR_i \\
 &= (90 - 18) \times 0,24 \\
 &= 17 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan Tabel V.17 waktu siklus usulan Simpang gandulan:

Tabel V. 17 Waktu siklus Simpang Gandulan Usulan I

No	Kaki Simpang	Tipe Fase	Merah	Hijau (g)	Kuning	All red	Fase	Waktu Siklus (C)
1	Lingkar Luar Pemalang	P	60	17	3	3	2	90
2	Exit Toll	P	65	12	3	3	3	90
3	Jalan Raya Petarukan	O	35	43	3	3	1	90
4	Jalan Perintis Kemerdekaan							

Sumber: Hasil Analisis

Setelah ditentukan waktu siklus penyesuaian dan waktu hijau masing masing kaki simpang untuk usulan I ini, maka didapatkan detik dasar untuk penentuan waktu sinyal merah, kuning dan hijau pada pengendalian Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas yang dapat dilihat pada gambar diagram fase dibawah menunjukkan fase pertama kedua dan ketiga yang mana fase pertama yaitu kaki timur dan kaki barat masuk secara bersamaan lalu dilanjutkan kaki utara dan selatan secara bergantian.

Dapat dilihat pada Gambar V.8 diagram fase waktu siklus usulan I Simpang Gandulan di bawah ini:

B	43	3	3	20	3	15	3
T	43	3	3	20	3	15	3
U	45	3	17	3	3	15	3
S	45	3	20	3	12	3	3

Sumber: Hasil Analisis

Gambar V. 10 Waktu siklus Usulan I Simpang Gandulan

5.3.2. Arus Jenuh

Arus jenuh Simpang Gandulan usulan I dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

a) Arus Jenuh Dasar (S_o)

Analisis usulan I terhadap arus lalu lintas dalam pengendalian 3 fase dan waktu siklus 90 detik lampu lalu lintas dilakukan dengan memperhitungkan lebar efektif mulut simpang dan arus lalu lintas yang melalui simpang tersebut. Perhitungan arus jenuh terlebih dahulu menghitung faktor-faktor yang mempengaruhi faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kapasitas tersebut. Berikut perhitungan arus jenuh dasar pada salah satu ruas kaki Exit Toll:

$$\begin{aligned} S_o &= 600 \times W_e \\ &= 600 \times 7 \\ &= 4200 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Dapat dilihat perhitungan tiap kaki pada Tabel V.18 Nilai arus jenuh dasar usulan I Simpang Gandulan di bawah ini:

Tabel V. 18 Nilai arus jenuh Simpang gandulan usulan I

No	Tipe Arus	Kode Pendekat	We (m)	Nilai Arus Jenuh Dasar (smp/jam)
1	Terlindung	U	7	4200
2	Terlindung	S	10,59	6354
3	Terlawan	T	6,8	4080
4	Terlawan	B	6,8	4080

Sumber: Hasil Analisis

b) Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})

Faktor Penyesuaian kota dapat dilihat dari populasi penduduk wilayah studi tersebut. Kabupaten Pematang memiliki jumlah penduduk 1.471.489 jiwa,

jadi untuk faktor penyesuaian ukuran kota $F_{cs} = 1,00$ untuk range antara 1.000.000 – 3.000.000 penduduk.

- c) Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{sf}) Untuk faktor penyesuaian hambatan samping (F_{sf}) usulan I dapat dilihat pada Tabel V.19 berikut:

Tabel V. 19 Faktor penyesuaian hambatan samping usulan I Simpang Gandulan

No	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Hambatan Samping	Tipe Lingkungan Jalan	F_{sf}
1	U	Jalan Lingkar Luar Pemalang	Rendah	COM	0,95
2	S	Exit Toll Pemalang	Rendah	COM	0,95
3	T	Jalan Raya Petarukan	Rendah	COM	0,95
4	B	Jalan Perintis kemerdekaan	Sedang	COM	0,94

Sumber: Hasil Analisis

- d) Faktor Kelandaian (F_g)

Kelandaian persimpangan masing-masing kaki Simpang Gandulan adalah datar (0%), oleh karena itu $F_g = 1,00$

- e) Faktor Penyesuaian Parkir (F_p)

Di Simpang Gandulan tidak terdapat parkir on-street, sehingga untuk faktor penyesuaian parkir $F_p = 1,00$

- f) Faktor Penyesuaian Belok Kanan (f_{rt})

Faktor penyesuaian belok kanan dipengaruhi oleh persentase belok kanan. Berikut perhitungan pada ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang (U) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F_{rt} &= 1,0 + P_{rt} \times 0,26 \\
 &= 1,0 + \frac{Q_{RT}}{Q_{TOT}} \times 0,26 \\
 &= 1,0 + \frac{117}{943} \times 0,26 \\
 &= 1,0 + 0,12 \times 0,26 \\
 &= 1,03
 \end{aligned}$$

g) Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Faktor penyesuaian belok kiri dipengaruhi oleh persentase belok kiri. Berikut perhitungan pada ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang (U) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Flt &= 1,0 + Plt \times 0.16 \\
 &= 1,0 + \frac{QLT}{QTOT} \times 0.16 \\
 &= 1,0 + \frac{698}{943} \times 0.16 \\
 &= 1,0 + 0,75 \times 0,16 \\
 &= 0,88
 \end{aligned}$$

Untuk penyesuaian belok kiri dan kanan pendekat simpang usulan I dapat dilihat pada Tabel V.20 berikut:

Tabel V. 20 Faktor penyesuaian belok kiri dan kanan Simpang Gandulan usulan I

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Prt	Frt	Plt	Flt
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	0,12	1,03	0,75	0,88
2	Exit Toll	S	0,40	1,11	0,40	0,94
3	Jalan Raya Petarukan	T	0,19	1,05	0,00	1,00
4	Jalan Perintis kemerdekaan	B	0,07	1,02	0,17	0,97

Sumber: Hasil Analisis

Setelah mengetahui faktor-faktor penyesuaian dapat ditentukan nilai arus jenuh, perhitungan ruas kaki Lingkar Luar Pemalang (U) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= So \times Fcs \times Fsf \times Fg \times Fp \times Frt \times Flt \\
 &= 4200 \times 1,00 \times 0,95 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,03 \times 0,88 \\
 &= 3618 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Nilai arus jenuh tiap kaki Simpang Gandulan usulan I dapat dilihat pada Tabel V.21 berikut:

Tabel V. 21 Arus jenuh Simpang Gandulan usulan I

No	Kaki Simpang	So (smp/ jam)	Fcs	Fsf	Fg	Fp	Frt	Flt	S (smp/ Jam)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	4200	1,00	0,95	1,00	1,00	1,03	0,88	3618
2	Exit Toll	6354	1,00	0,95	1,00	1,00	1,11	0,94	6346
3	Jalan Raya Petarukan	4080	1,00	0,95	1,00	1,00	1,05	1,00	4022
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	4080	1,00	0,94	1,00	1,00	1,02	0,97	3843

Sumber: Hasil Analisis

Setelah didapatkan nilai hasil perhitungan arus jenuh, waktu siklus hijau, dan total waktu siklus. Kapasitas pada ruas kaki Lingkar Luar Pemalang (U) dihitung dengan menggunakan rumus seperti tercantum:

$$\begin{aligned}
 C &= S \times (g/c) \\
 &= 3618 \times (17/90) \\
 &= 683 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Berikut Tabel V.22 kapasitas pendekat Simpang Gandulan usulan I:

Tabel V. 22 Kapasitas Simpang Gandulan usulan I

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Nilai Arus Jenuh (smp/jam)	Hijau(g) (detik)	Waktu Siklus(c) (detik)	Kapasitas (C) smp/jam
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	3618	17	90	683
2	Exit Toll	S	6342	12	90	833
3	Jalan Raya Petarukan	T	4022	43	90	1992
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	3843			1836

Sumber: Hasil Analisis

5.3.3. Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan ruas kaki Lingkar Luar Pemalang (U) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 DS &= Q \text{ total} / C \\
 &= 441 / 683 \\
 &= 0,65
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan derajat kejenuhan pada pendekat usulan I Simpang Gandulan tertinggi pada kaki simpang Jalan Lingkar Luar Pemalang dengan derajat kejenuhan sebesar 0,65 dapat dilihat pada Tabel V.23:

Tabel V. 23 Derajat kejenuhan Simpang Gandulan usulan I

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas (smp)	Kapasitas (smp/jam)	DS
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	441	683	0,65
2	Exit Toll	S	515	883	0,62

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas (smp)	Kapasitas (smp/jam)	DS
3	Jalan Raya Petarukan	T	1188	1992	0,62
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	490	1836	0,27

Sumber: Hasil Analisis

5.3.4. Jumlah Antrian

$$\begin{aligned}
 NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \\
 &= 0,25 \times 683 \times \left[(0,65 - 1) + \sqrt{(0,65 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,65 - 0,5)}{683}} \right] \\
 &= 0,41
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_2 &= c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
 &= 90 \times \frac{1 - 0,19}{1 - 0,19 \times 0,65} \times \frac{441}{3600} \\
 &= 6,21
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
 &= 0,41 + 6,21 \\
 &= 6,62
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan nilai jumlah antrian pada pendekat Simpang Gandulan usulan I, dapat dilihat pada Tabel V.24:

Tabel V. 24 Jumlah antrian pendekat Simpang Gandulan usulan I

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Jumlah Kendaraan Antri (smp)			
			NQ1	NQ2	NQ	NQmax
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	0,41	6,21	6,62	6,62
2	Exit Toll	S	0,31	7,42	7,73	7,73
3	Jalan Raya Petarukan	T	0,31	13,44	13,75	13,75
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	-0,32	4,42	4,15	4,15

Sumber: Hasil Analisis

5.3.5. Panjang Antrian (QL)

Untuk menghitung panjang antrian kendaraan dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned}
 QL &= (NQ_{\max} \times 20) / W_e \\
 &= (6,62 \times 20) / 7 \\
 &= 18,91 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Pada Simpang Gandulan usulan I antrian terpanjang pada Jalan Raya Petarukan sepanjang 40 m. Berikut pada Tabel V.25 hasil perhitungan:

Tabel V. 25 Panjang antrian kendaraan pada Simpang gandulan usulan I

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	NQmax (smp)	We	Panjang Antrian (QL)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	6,62	7,00	18,91
2	Exit Toll	S	7,73	10,59	14,60
3	Jalan Raya Petarukan	T	13,75	6,80	40,43
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	4,15	6,80	12,22

Sumber: Hasil Analisis

5.3.6. Laju Henti

Laju henti pendekat Simpang Gandulan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} NS &= 0,9 \times (NQ/Q \times c) \times 3600 \\ &= 0,9 \times (6,62 / 441 \times 90) \times 3600 \\ &= 0,54 \end{aligned}$$

Berikut perhitungan laju henti tiap pendekat Simpan Gandulan, dapat dilihat pada Tabel V.26 berikut:

Tabel V. 26 Laju henti pendekat Simpang Gandulan usulan I

No	Kode Pendekat	NQ total	Q (smp/jam)	Waktu Siklus (C)	NS (smp)
1	U	6,62	441	90	0,54
2	S	7,73	515	90	0,54
3	T	13,75	1188	90	0,42
4	B	4,15	490	90	0,31

Sumber: Hasil Analisis

5.3.7. Tundaan

Setiap pendekat tundaan lalu lintas rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$DT = c \times A + \frac{NQ \times 3600}{C} \quad A = \frac{0,5 (1-GR)^2}{(1-GR) \times DS}$$

Berikut perhitungan tundaan lalu lintas rata-rata pada kaki simpang ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang:

$$\begin{aligned} DT &= 90 \times \frac{0,5 \times (1-0,19)^2}{(1-0,19) \times 0,54} + \frac{0,41 \times 3600}{683} \\ &= 35,86 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Perhitungan tundaan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel V.27 berikut ini:

Tabel V. 27 Tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat Simpang Gandulan usulan I

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	DS	Rasio Hijau (GR)	NQ1 (smp)	Kapasitas (C)	Tundaan Lalu Lintas (DT)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	0,65	0,19	0,41	683	35,86
2	Exit Toll	S	0,62	0,13	0,31	833	38,17
3	Jalan Raya Petarukan	T	0,62	0,48	0,31	1922	18,00
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	0,27	0,48	-0,32	1836	13,44

Sumber: Hasil Analisis

Untuk menghitung tundaan geometri rata-rata pada tiap-tiap pendekat, berikut perhitungan pendekat ruas kaki Lingkar Luar Pemalang dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 DG &= (1 - PSV) \times P_t \times 6 + (PSV \times 4) \\
 &= (1 - 0,54) \times 0,75 \times 6 + (0,54 \times 4) \\
 &= 0,72 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tundaan geometri rata-rata pada tiap pendekat Simpang Gandulan usulan I dapat dilihat pada Tabel V.28 berikut ini:

Tabel V. 28 Tundaan Geometri rata-rata pada pendekat usulan I

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Laju Henti (NS)	Rasio Kendaraan Belok Kanan (smp/jam)	Tundaan Geometri (DG)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	0,54	0,12	0,72
2	Exit Toll	S	0,54	0,40	3,16

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Laju Henti (NS)	Rasio Kendaraan Belok Kanan (smp/jam)	Tundaan Geometri (DG)
3	Jalan Raya Petarukan	T	0,42	0,19	2,67
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	0,31	0,07	15,66

Sumber: Hasil Analisis

Setiap pendekat tundaan rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 D &= DT + DG \\
 &= 35,86 + 0,72 \\
 &= 36,58 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan Tabel V.29 Tundaan rata-rata pada Simpang Gandulan usulan I:

Tabel V. 29 Tundaan rata-rata pada Simpang Gandulan usulan I

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas (Q)	Jumlah Kendaraan Terhenti (NSV)	Tundaan Lalu Lintas Rata-rata (DT)	Tundaan Geometri Rata-rata (DG)	Tundaan Rata rata (D=DT+DG)	Tundaan Total DxQ (smp.det)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	441	238	35,86	0,72	36,58	16,127
2	Exit Toll	S	515	278	38,17	3,16	41,34	21,283
3	Jalan Raya Petarukan	T	1188	495	18,00	2,67	20,67	24,556
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	490	150	13,44	15,66	15,66	7,671
Tundaan Simpang Rata-Rata (det/smp)								32,926

Sumber: Hasil Analisis

Dari hasil analisis usulan I menunjukkan tundaan simpang rata-rata pada Simpang Gandulan adalah sebesar 32,926 det/smp, dimana tundaan ini dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan suatu persimpangan. Sehingga berdasarkan Indeks Tingkat Pelayanan Simping (Peraturan Menteri Perhubungan No 96 Tahun 2015) maka kondisi saat ini Simpang Gandulan memiliki nilai D. Analisis usulan I ditunjukkan pada daftar LAMPIRAN.

Setelah ditentukan hasil analisis kinerja Simpang Gandulan usulan I, maka dilakukan perbandingan data antrian, tundaan, dan derajat kejenuhan Simpang Gandulan kondisi saat ini dengan usulan I pada Tabel V.30 berikut:

Tabel V. 30 Data Antrian, Tundaan, dan Derajat Kejenuhan Simpang Gandulan saat ini

No	Kode Pendekat	Kaki Simpang	Antrian (m)	Tundaan (detik)	Derajat Kenejuhan
1	U	Jalan Lingkar Luar Pemalang	22,61	38,359	0,58
2	S	Exit Toll	16,09	43,202	0,40
3	T	Jalan Raya Petarukan	88,06	123,942	0,95
4	B	Jalan Perintis Kemerdekaan	29,67	50,261	0,75

Sumber: Hasil Analisis

Berikut merupakan hasil analisis data antrian, tundaan, dan derajat kejenuhan usulan I pada Simpang Gandulan dimana pada hasil analisis usulan I ini didapatkan peningkatan baik dari derajat kejenuhan yang berkurang jauh secara keseluruhan kemudian panjang antrian yang semakin pendek dan waktu tundaan yang semakin singkat, dapat dilihat pada Tabel V.31 berikut:

Tabel V. 31 Data Antrian, Tundaan, dan Derajat Kejenuhan Simpang Gandulan Usulan I

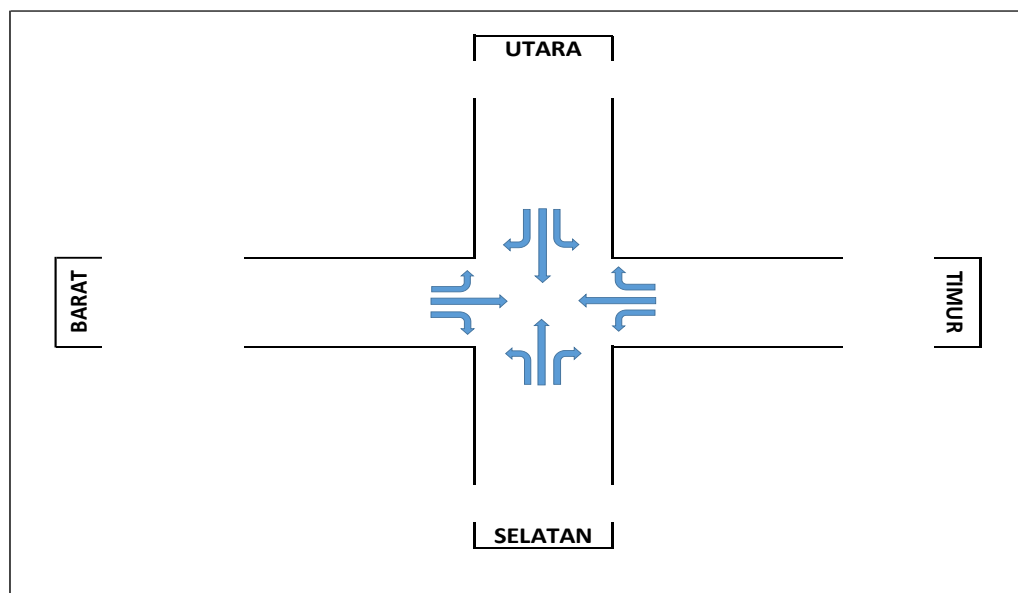
No	Kode Pendekat	Kaki Simpang	Antrian (m)	Tundaan (detik)	Derajat Kenejuhan
1	U	Jalan Lingkar Luar Pemalang	18,91	16,127	0,65
2	S	Exit Toll	14,60	21,283	0,62
3	T	Jalan Raya Petarukan	40,43	24,556	0,62
4	B	Jalan Perintis Kemerdekaan	12,22	7,621	0,27

Sumber: Hasil Analisis

5.4. Analisis Kinerja Persimpangan Usulan II

Setelah hasil kondisi saat ini diketahui, maka dapat dilakukan optimalisasi pengaturan fase dan waktu siklus yang disesuaikan dengan kondisi arus lalu lintas pada persimpangan. Sehingga yang dikaji pada usulan ini yaitu penyesuaian waktu siklus dan fase dengan volume kendaraan saat ini, yaitu untuk mencari kinerja Simpang Gandulan yang optimum.

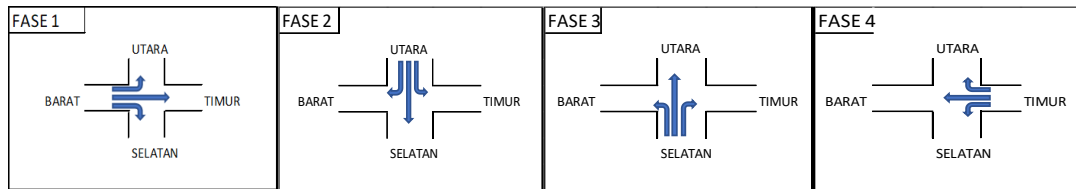
Berikut merupakan Gambar V.9 arah arus lalu lintas usulan II



Sumber: Hasil analisis

Gambar V. 11 Arah arus lalu lintas Simpang Gandulan usulan II

Berikut Gambar V.10 Gambaran fase sinyal Simpang Gandulan usulan II:



Sumber: Hasil analisis

Gambar V. 12 Fase sinyal Simpang Gandulan usulan II

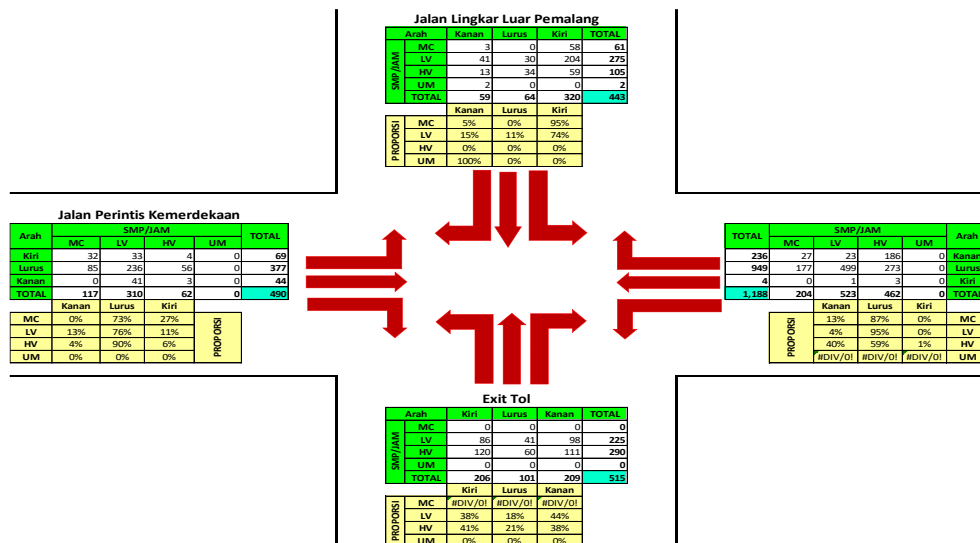
Hasil inventarisasi pendekatan pada Simpang Gandulan, dapat dilihat pada Tabel V.32 berikut ini:

Tabel V. 32 Inventarisasi pendekatan Simpang Gandulan

No	Nama Jalan	Kode Pendekat	Tipe jalan	Tipe Pendekat
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	4/2 D	Terlindung
2	Exit Tol	S	4/2 D	Terlindung
3	Jalan Raya Petarukan	T	4/2 D	Terlindung
4	Jalan Perintis kemerdekaan	B	4/2 D	Terlindung

Sumber: Hasil analisis

Berikut merupakan Gambar V. 11 *Flow Diagrams* Simpang Gandulan untuk mengetahui volume dan jenis kendaraan yang masuk ke simpang:



Sumber: Hasil analisis

Gambar V. 13 *Flow Diagrams* Simpang Gandulan

Untuk meningkatkan kinerja Simpang Gandulan pada usulan maka perlu dilakukan perubahan fase dan circle time, optimalisasi dilakukan dengan merubah fase dan circle time yang semula dengan 4 fase 241 detik menjadi 4 fase 111 detik Kinerja simpang setelah dilakukan optimalisasi dapat dilihat di bawah ini:

5.4.1. Waktu siklus

Dengan melakukan survei di lapangan maka kondisi saat ini waktu siklus dapat diketahui dengan menggunakan alat stop watch, hasil yang diperoleh dari survei dapat dilihat dari Tabel V.33 di bawah ini:

Tabel V. 33 Waktu siklus Simpang Gandulan saat ini

No	Kode Pendekat	Kaki Simpang	Tipe Fase	Hijau (g)	Waktu Siklus (C)
1	U	Jalan Lingkar Luar Pemalang	P	51	241
2	S	Exit Toll	P	50	241
3	T	Jalan Raya Petarukan	P	75	241
4	B	Jalan Perintis Kemerdekaan	P	41	241

Sumber: Hasil Analisis

Untuk menentukan besarnya waktu siklus yang diperlukan oleh suatu persimpangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned}
 C_{ua} &= (1,5 \times LTI + 5) / (1 - \Sigma FR) \\
 &= (1,5 \times 24 + 5) / (1 - 0,63) \\
 &= 111 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dari hasil di atas menunjukan 111 detik waktu siklus sebelum penyesuaian. Untuk penyesuaian waktu siklus yang disarankan dari Buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, waktu siklus yang diambil untuk pengendalian APILL empat fase adalah 80-130. Untuk waktu yang lebih rendah dari yang disarankan akan menyulitkan pejalan kaki ketika menyebrang, Dari perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian telah melebihi detik yang

disarankan, penulis mengambil waktu siklus 105 detik agar mendapatkan waktu siklus penyesuaian agar mendapat kinerja yang lebih baik.

Untuk mencari Waktu Hijau pada tiap-tiap fase kaki simpang, dapat dicari dengan rumus:

$$\begin{aligned} g_i &= (C_{ua} - LTI) \times P Ri \\ &= (105 - 24) \times 0,20 \\ &= 16 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berikut merupakan Tabel V.34 waktu siklus usulan II Simpang gandulan:

Tabel V. 34 Waktu siklus Usulan II Simpang Gandulan

No	Kode Pendekat	Kaki Simpang	Tipe Fase	Hijau (g)	Waktu Siklus (c)
1	U	Jalan Lingkar Luar Pemalang	P	16	105
2	S	Exit Toll	P	11	105
3	T	Jalan Raya Petarukan	P	38	105
4	B	Jalan Perintis Kemerdekaan	P	16	105

Sumber: Hasil Analisis

Setelah ditentukan waktu siklus penyesuaian dan waktu hijau masing masing kaki simpang untuk usulan II ini, maka didapatkan detik dasar untuk penentuan waktu sinyal merah, kuning dan hijau pada pengendalian Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas yang dapat dilihat pada gambar diagram fase dibawah menunjukkan fase pertama, kedua, ketiga dan keempat yang dimulai dari kaki barat-utara-timur-selatan secara bergantian.

Dapat dilihat pada Gambar V.12 diagram fase waktu siklus usulan II Simpang Gandulan:

B	16	3	3	19	3	41	3	14	3
U	19	3	16	3	3	41	3	14	3
T	19	3	19	3	38	3	3	14	3
S	19	3	19	3	41	3	11	3	3

Sumber: Hasil Analisis

Gambar V. 14 Waktu Siklus Usulan II Simpang Gandulan

5.4.2. Arus Jenuh

Arus jenuh Simpang Gandulan usulan II dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

a) Arus Jenuh Dasar (S_o)

Analisis usulan II terhadap arus lalu lintas dalam pengendalian 4 fase dan waktu siklus 105 detik lampu lalu lintas dilakukan dengan memperhitungkan lebar efektif mulut simpang dan arus lalu lintas yang melalui simpang tersebut. Perhitungan arus jenuh terlebih dahulu menghitung faktor-faktor yang mempengaruhi faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kapasitas tersebut. Berikut perhitungan arus jenuh dasar pada salah satu ruas kaki Exit Toll:

$$\begin{aligned} S_o &= 600 \times W_e \\ &= 600 \times 7 \\ &= 4200 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Dapat dilihat perhitungan tiap kaki pada Tabel V.35 Nilai arus jenuh dasar usulan II Simpang Gandulan di bawah ini:

Tabel V. 35 Nilai arus jenuh Simpang gandulan usulan II

No	Tipe Arus	Kode Pendekat	We (m)	Nilai Arus Jenuh Dasar (smp/jam)
1	P	U	7	4200
2	P	S	10,59	6354

No	Tipe Arus	Kode Pendekat	We (m)	Nilai Arus Jenuh Dasar (smp/jam)
3	P	T	6,8	4080
4	P	B	6,8	4080

Sumber: Hasil Analisis

b) Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})

Faktor Penyesuaian kota dapat dilihat dari populasi penduduk wilayah studi tersebut. Kabupaten Pemalang memiliki jumlah penduduk 1.471.489 jiwa, jadi untuk faktor penyesuaian ukuran kota $F_{cs} = 1,00$ untuk range antara 1.000.000 – 3.000.000 penduduk.

c) Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{sf}) Untuk faktor penyesuaian hambatan samping (F_{sf}) usulan II dapat dilihat pada Tabel V.36 berikut:

Tabel V. 36 Faktor penyesuaian hambatan samping usulan II Simpang Gandulan

No	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Hambatan Samping	Tipe Lingkungan Jalan	F_{sf}
1	U	Jalan Lingkar Luar Pemalang	Rendah	COM	0,95
2	S	Exit Toll Pemalang	Rendah	COM	0,95
3	T	Jalan Raya Petarukan	Rendah	COM	0,95
4	B	Jalan Perintis kemerdekaan	Sedang	COM	0,94

Sumber: Hasil Analisis

d) Faktor Kelandaian (F_g)

Kelandaian persimpangan masing-masing kaki Simpang Gandulan adalah datar (0%), oleh karena itu $F_g = 1,00$

e) Faktor Penyesuaian Parkir (F_p)

Di Simpang Gandulan tidak terdapat parkir on-street, sehingga untuk faktor penyesuaian parkir $F_p = 1,00$

f) Faktor Penyesuaian Belok Kanan (frt)

Faktor penyesuaian belok kanan dipengaruhi oleh persentase belok kanan. Berikut perhitungan pada ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang (U) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F_{rt} &= 1,0 + P_{rt} \times 0,26 \\
 &= 1,0 + \frac{Q_{RT}}{Q_{TOT}} \times 0,26 \\
 &= 1,0 + \frac{117}{943} \times 0,26 \\
 &= 1,0 + 0,12 \times 0,26 \\
 &= 1,03
 \end{aligned}$$

g) Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Faktor penyesuaian belok kiri dipengaruhi oleh persentase belok kiri. Berikut perhitungan pada ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang (U) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F_{lt} &= 1,0 + P_{lt} \times 0,16 \\
 &= 1,0 + \frac{Q_{LT}}{Q_{TOT}} \times 0,16 \\
 &= 1,0 + \frac{698}{943} \times 0,16 \\
 &= 1,0 + 0,75 \times 0,16 \\
 &= 0,88
 \end{aligned}$$

Untuk penyesuaian belok kiri dan kanan pendekat simpang usulan II dapat dilihat pada Tabel V.37 berikut:

Tabel V. 37 Faktor penyesuaian belok kiri dan kanan Simpang Gandulan usulan II

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Prt	Frt	Plt	Flt
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	0,12	1,03	0,75	0,88
2	Exit Toll	S	0,40	1,11	0,40	0,94

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Prt	Frt	Plt	Flt
3	Jalan Raya Petarukan	T	0,19	1,05	0,00	1,00
4	Jalan Perintis kemerdekaan	B	0,07	1,02	0,17	0,97

Sumber: Hasil Analisis

Setelah mengetahui faktor-faktor penyesuaian dapat ditentukan nilai arus jenuh, perhitungan ruas kaki Lingkaran Luar Pemalang (U) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt} \\
 &= 4200 \times 1,00 \times 0,95 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,03 \times 0,88 \\
 &= 3618 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Nilai arus jenuh tiap kaki Simpang Gandulan usulan II dapat dilihat pada Tabel V.38 berikut:

Tabel V. 38 Arus jenuh Simpang Gandulan usulan II

No	Kaki Simpang	S _o (smp/ jam)	F _{cs}	F _{sf}	F _g	F _p	F _{rt}	F _{lt}	S (smp/ Jam)
1	Jalan Lingkaran Luar Pemalang	4200	1,00	0,95	1,00	1,00	1,03	0,88	3618
2	Exit Toll	6354	1,00	0,95	1,00	1,00	1,11	0,94	6246
3	Jalan Raya Petarukan	4080	1,00	0,95	1,00	1,00	1,05	1,00	4022
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	4080	1,00	0,94	1,00	1,00	1,02	0,97	3843

Sumber: Hasil Analisis

Setelah didapatkan nilai hasil perhitungan arus jenuh, waktu siklus hijau, dan total waktu siklus. Kapasitas pada ruas kaki Lingkar Luar Pemalang (U) dihitung dengan menggunakan rumus seperti tercantum:

$$\begin{aligned} C &= S \times (g/c) \\ &= 3618 \times (16/105) \\ &= 551 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Berikut Tabel V.39 kapasitas pendekat Simpang Gandulan usulan II:

Tabel V. 39 Kapasitas Simpang Gandulan usulan II

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Nilai Arus Jenuh (smp/jam)	Hijau(g) (detik)	Waktu Siklus(c) (detik)	Kapasitas (C) smp/jam
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	3618	16	105	551
2	Exit Toll	S	6246	11	105	654
3	Jalan Raya Petarukan	T	4022	38	105	1456
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	3843	16	105	686

Sumber: Hasil Analisis

5.4.3. Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan ruas kaki Lingkar Luar Pemalang (U) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} DS &= Q \text{ total} / C \\ &= 441 / 551 \\ &= 0,80 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan derajat kejenuhan pada pendekat usulan II Simpang Gandulan tertinggi adalah pada kaki barat simpang Jalan Perintis Kemerdekaan dengan derajat kejenuhan sebesar 0,84 dapat dilihat pada Tabel V.40:

Tabel V. 40 Derajat kejenuhan Simpang Gandulan usulan II

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas (smp)	Kapasitas (smp/jam)	DS
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	441	551	0,80
2	Exit Toll	S	515	654	0,79
3	Jalan Raya Petarukan	T	1188	1456	0,82
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	490	586	0,84

Sumber: Hasil Analisis

5.4.4. Jumlah Antrian

$$\begin{aligned}
 NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \\
 &= 0,25 \times 559 \times \left[(0,81 - 1) + \sqrt{(0,81 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,81 - 0,5)}{551}} \right] \\
 &= 1,46
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_2 &= c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
 &= 105 \times \frac{1 - 0,15}{1 - 0,15 \times 0,81} \times \frac{441}{3600} \\
 &= 8,32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
 &= 1,46 + 8,32 \\
 &= 9,78
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan nilai jumlah antrian pada pendekat Simpang Gandulan usulan II, dapat dilihat pada Tabel V.41:

Tabel V. 41 Jumlah antrian pendekat Simpang Gandulan usulan II

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Jumlah Kendaraan Antri (smp)			
			NQ1	NQ2	NQ	NQmax
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	1,46	8,32	9,78	9,78
2	Exit Toll	S	1,32	9,82	11,14	11,14
3	Jalan Raya Petarukan	T	1,70	21,04	22,74	22,74
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	1,97	9,30	11,27	11,27

Sumber: Hasil Analisis

5.4.5. Panjang Antrian (QL)

Untuk menghitung panjang antrian kendaraan dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned}
 QL &= (NQ_{\max} \times 20) / W_e \\
 &= (9,78 \times 20) / 7 \\
 &= 27,93 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Pada Simpang Gandulan usulan II antrian terpanjang pada Jalan Raya Petarukan sepanjang 66 m. Berikut pada Tabel V.42 hasil perhitungan:

Tabel V. 42 Panjang antrian kendaraan pada Simpang gandulan usulan II

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	NQmax (smp)	We	Panjang Antrian (QL)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	9,78	7,00	27,93
2	Exit Toll	S	11,14	10,59	21,04
3	Jalan Raya Petarukan	T	22,74	6,80	66,87
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	11,27	6,80	33,16

Sumber: Hasil Analisis

5.4.6. Laju Henti

Laju henti pendekat Simpang Gandulan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} NS &= 0,9 \times (NQ/Q \times c) \times 3600 \\ &= 0,9 \times (9,78 / 441 \times 105) \times 3600 \\ &= 0,68 \end{aligned}$$

Berikut perhitungan laju henti tiap pendekat Simpang Gandulan usulan II, dapat dilihat pada Tabel V.43 berikut:

Tabel V. 43 Laju henti pendekat Simpang Gandulan usulan II

No	Kode Pendekat	NQ total	Q (smp/jam)	Waktu Siklus (C)	NS (smp)
1	U	9,78	441	105	0,68
2	S	11,14	515	105	0,67
3	T	22,74	1188	105	0,59
4	B	11,27	490	105	0,71

Sumber: Hasil Analisis

5.4.7. Tundaan

Setiap pendekat tundaan lalu lintas rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$DT = c \times A + \frac{NQ \times 3600}{C} \quad A = \frac{0,5 (1-GR)^2}{(1-GR) \times DS}$$

Berikut perhitungan tundaan lalu lintas rata-rata pada kaki simpang ruas Jalan Lingkar Luar Pemalang usulan II:

$$\begin{aligned} DT &= 105 \times \frac{0,5 \times (1-0,15)^2}{(1-0,15) \times 0,81} + \frac{1,46 \times 3600}{551} \\ &= 52,47 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Perhitungan tundaan lalu lintas usulan II dapat dilihat pada Tabel V.44 berikut ini:

Tabel V. 44 Tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat Simpang Gandulan
usulan II

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	DS	Rasio Hijau (GR)	NQ1 (smp)	Kapasitas (C)	Tundaan Lalu Lintas (DT)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	0,80	0,15	1,46	551	52,47
2	Exit Toll	S	0,79	0,10	1,32	654	53,13
3	Jalan Raya Petarukan	T	0,82	0,36	1,70	1456	34,55
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	0,84	0,15	1,97	586	55,36

Sumber: Hasil Analisis

Untuk menghitung tundaan geometri rata-rata pada tiap-tiap pendekat, berikut perhitungan pendekat ruas kaki Lingkar Luar Pemalang dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 DG &= (1 - PSV) \times Pt \times 6 + (PSV \times 4) \\
 &= (1 - 0,68) \times 0,75 \times 6 + (0,68 \times 4) \\
 &= 0,65 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tundaan geometri rata-rata pada tiap pendekat Simpang Gandulan usulan II dapat dilihat pada Tabel V.45 berikut ini:

Tabel V. 45 Tundaan Geometri rata-rata pada pendekat Simpang Gandulan usulan II

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Laju Henti (NS)	Rasio Kendaraan Belok Kanan (smp/jam)	Tundaan Geometri (DG)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	0,68	0,12	0,65
2	Exit Toll	S	0,67	0,40	3,67
3	Jalan Raya Petarukan	T	0,59	0,19	3,36

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Laju Henti (NS)	Rasio Kendaraan Belok Kanan (smp/jam)	Tundaan Geometri (DG)
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	0,71	0,07	3,84

Sumber: Hasil Analisis

Setiap pendekat tundaan rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 D &= DT + DG \\
 &= 52,47 + 0,65 \\
 &= 53,11 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan Tabel V.46 Tundaan rata-rata pada Simpang Gandulan usulan II:

Tabel V. 46 Tundaan rata-rata pada Simpang Gandulan usulan II

No	Kaki Simpang	Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas (Q)	Jumlah Kendaraan Terhenti (NSV)	Tundaan Lalu Lintas Rata-rata (DT)	Tundaan Geometri Rata-rata (DG)	Tundaan Rata rata (D=DT+DG)	Tundaan Total DxQ (smp.det)
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	U	441	302	52,47	0,65	53,11	23,417
2	Exit Toll	S	515	344	53,13	3,67	56,80	29,246
3	Jalan Raya Petarukan	T	1188	702	34,55	3,36	37,91	45,050
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	B	490	348	55,36	3,84	59,20	28,996
Tundaan Simpang Rata-Rata (det/smp)								59,816

Sumber: Hasil Analisis

Dari hasil analisis usulan II menunjukkan tundaan simpang rata-rata pada Simpang Gandulan adalah sebesar 59,816 det/smp, dimana tundaan ini dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan suatu persimpangan. Sehingga berdasarkan Indeks Tingkat Pelayanan Simpang (Peraturan Menteri Perhubungan No 96 Tahun 2015) maka kondisi saat ini Simpang Gandulan memiliki nilai E. Analisis usulan II ditunjukkan pada daftar LAMPIRAN.

Dapat dilihat pada Tabel V.47 data antrian, tundaan, dan derajat kejenuhan pada Simpang gandulan saat ini sebagai berikut:

Tabel V. 47 Data Antrian, Tundaan, dan Derajat Kejenuhan Simpang Gandulan saat ini

No	Kaki Simpang	Antrian (m)	Tundaan (detik)	Derajat Kenejuhan
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	22,61	38,359	0,58
2	Exit Toll	16,09	43,202	0,40
3	Jalan Raya Petarukan	88,06	123,942	0,95
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	29,67	50,261	0,75

Sumber: Hasil Analisis

Berikut merupakan data antrian, tundaan, dan derajat kejenuhan usulan II pada Simpang Gandulan, dapat dilihat pada Tabeel V.48 berikut:

Tabel V. 48 Data Antrian, Tundaan, dan Derajat Kejenuhan Simpang Gandulan kondisi usulan II

No	Kaki Simpang	Antrian (m)	Tundaan (detik)	Derajat Kenejuhan
1	Jalan Lingkar Luar Pemalang	27,51	23,817	0,80
2	Exit Toll	20,41	29,098	0,79
3	Jalan Raya Petarukan	64,94	44,283	0,82

No	Kaki Simpang	Antrian (m)	Tundaan (detik)	Derajat Kenejuhan
4	Jalan Perintis Kemerdekaan	3,63	26,784	0,84

Sumber: Hasil Analisis

Setelah ditentukan kinerja kondisi Simpang Gandulan usulan II, maka rekomendasi pemecahan masalah simpang dapat dilihat pada Tabel V.49 berikut:

Tabel V. 49 Perbandingan kinerja kondisi saat ini dengan usulan

Nama simpang		Saat ini	Usulan I	Usulan II
Simpang Gandulan	DS	0,67	0,54	0,81
	Antrian	39,11	21,54	37,25
	Tundaan	118,557	32,926	59,816
	LoS	F	D	E

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan Tabel V. 49 perbandingan kinerja kondisi saat ini dengan usulan di atas dapat dilihat bahwa pada hasil analisis usulan I ini tingkat pelayanannya berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 96 Tahun 2015 adalah D (kurang) namun mendapatkan peningkatan kinerja yang sangat baik, selanjutnya yang menjadi permasalahan adalah dalam pelaksanaannya yang mana menggunakan pengendalian tiga fase akan sangat berpengaruh pada *factor crossing* di persimpangan yang mana akan menimbulkan konflik antara 2 kaki simpang yang berlawanan saling memasuki simpang, hal ini tentunya akan menimbulkan kemacetan dan tidak efektif secara keseluruhan karna simpang ini dilintasi kendaraan besar dalam jumlah yang besar. Usulan II merupakan rekomendasi pemecahan masalah dikarenakan menggunakan pengendalian empat fase yang mana tiap kaki simpang bergantian saat memasuki simpang sehingga menghindari konflik. Dapat dilihat nilai tundaan pada usulan II mendapatkan peningkatan yang baik dari kondisi saat ini.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan latar belakang di atas diidentifikasi permasalahannya sebagai berikut :

1. Kinerja lalu lintas Simpang Gandulan saat ini telah dilakukan analisis untuk mengetahui derajat kejenuhan (DS) 0,67 antrian dengan panjang 39,11 meter dan tundaan simpang rata-rata 118,557 detik/smp serta memiliki level of Service (LoS) F
2. Penyebab buruknya kinerja lalu lintas di Simpang Gandulan telah dilakukan analisis, sesuai dengan indeks pelayanan simpang baik dan buruknya kinerja suatu persimpangan dapat dilihat dari seberapa besar tundaan yang dimiliki, Simpang gandulan memiliki tundaan sebesar 118,557 detik/smp serta memiliki Level of Service (LoS) F Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015. Hal ini dapat terjadi dikarenakan simpang ini dilewati angkutan barang yang cukup besar dan waktu siklus yang dimiliki Simpang Gandulan saat ini sebesar 241 detik yang mana belum dilakukan penyesuaian menyebabkan besarnya antrian dan tundaan serta derajat kejenuhan, sesuai Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, waktu siklus yang disarankan untuk simpang bersinyal 4 fase adalah 80-130.
3. Penanganan terhadap permasalahan kinerja lalu lintas di Simpang Gandulan direkomendasikan penyesuaian dengan melakukan perubahan waktu siklus saja, mengingat simpang ini dilalui kendaraan berat yang cukup besar tentunya akan beresiko pada meningkatnya konflik pada usulan 3 fase ini terutama pada jam-jam sibuk, sehingga tidak menemukan efektifitas secara keseluruhan. Untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik, rekomendasi/usulan Simpang Gandulan yang terbaik yaitu usulan II tetap menggunakan 4 fase lalu dilakukan perubahan waktu siklus menjadi 105

detik, dengan usulan II yang dibuat ini semula Simpang Gandulan memiliki LoS F berdasarkan tundaan simpang rata-rata sebesar 118,557 detik/smp menjadi E berdasarkan tundaan simpang rata-rata sebesar 59,816 detik/smp.

6.2. Saran

Setelah dilakukan analisis maka saran untuk meningkatkan kinerja Simpang gandulan yaitu :

1. Penerimaan usulan II untuk Simpang Gandulan dapat dilakukan, karena jika dilihat dari segi kinerja simpang usulan II cukup untuk membuat kinerja lalu lintas simpang ini meningkat dari sebelumnya.
2. Dari pihak Dinas Perhubungan perlu mengadakan koordinasi untuk melakukan perubahan waktu siklus.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2009, Undang Undang No.22 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Jakarta
- _____. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta.
- _____. 1993. Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 Tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan
- _____. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Departemen Perhubungan. Jakarta.
- _____. 2004. Undang Undang Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan.
- _____. 2016. Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia. Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- _____. 2022, Lapum Tim PKL Kabupaten Pemalang 2022, Bekasi: Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD.
- Akbar, Muh, Dewi Sriastuti Nababan, and Fredy Sulo Datu. 2022. "Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Pada Jalan Ahmad Yani – RE Martadinata". *Jurnal Teknik* Vol. 11 No. 1 (Maret, 2022), Hal. 23–31
- Amal, Andi Syaiful, Chairil Saleh, and Azhar Adi Darmawan. 2022. "Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Di Kota Malang". *Jurnal Ilmiah* Vol. 22 No. 2 (Juli, 2022), Hal. 1304–1308.
- Bastari Alkam, Rani, Suriati Abd Muin, and Dzal JW Ikram Syam. 2021. "Tinjauan Pengaturan Waktu Sinyal Pada Persimpangan Empat Lengan Menggunakan Pendekatan MKJI Dan Webster". *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil* Vol. 19 No. 4 (November, 2021), Hal. 479–88.
- Cholis, Ganang Noor, M H M Amirotul, and Slamet J Legowo. 2020. "Studi Pergeseran Waktu Keberangkatan Arus Lalu Lintas Dan Arus Jenuh Dasar Pada Simpang Bersinyal Untuk Pendekat Satu Arah (Studi Kasus: Simpan Bersinyal Di Ruas Jalan Brigjen

Slamet Riyadi, Solo)". *Jurnal Matriks Teknik Sipil* Vol. 8 No. 1 (Maret, 2020), Hal. 120–27.

Efendy, Anwar. 2021. "Kajian Efektifitas Rekayasa Lalu Lintas Pada Persimpangan Tanah Aji Kota Mataram". *SIGMA Jurnal Teknik Sipil* Vol. 1 No. 1 (Februari, 2021), Hal. 28–34.

Fatmawati, Fatmawati, and Mohamad Isram M. Ain. 2021. "Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Dengan Metode MKJI Dan Sidra Intersection". *Jurnal Teknik Sipil* Vol. 5 No. 1 (April, 2021), Hal. 24–39.

Hasanuddin, Hairil A., Hasmar Halim, Isnaeni Maulidiyah, and Trisnawathy. 2021. "Analisis Kapasitas Dan Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Abdullah Dg. Sirua". *Jacee* Vol. 1 No. 1 (April, 2021) Hal. 72-77.

Hidayatulloh, Umar Maulana, Titan Adya Safara, and Dedy Firmansyah. 2022. "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Madureso Temanggung Menggunakan Metode MKJI 1997 Dan PTV VISSIM". *Reviews in Civil Engineering* Vol. 6 No. 1 (Juni, 2021) Hal. 32-40.

Kumalawati, Andi, Tri M W Sir, and Dominikus Woda. 2022. "Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Empat Di Kota Ende". *Jurnal Teknik Sipil* Vol. 11 No. 1 (April, 2022) Hal. 41–48.

Mustakim, Chairul, and Karya Subagya. 2020. "Perancangan Hotel Resort Di Pantai Widuri Pemalang Jawa Tengah". *Jurnal Maestro: Arsitektur & Teknik Elektro* Vol. 3 No.1 (April, 2020) Hal. 25–31.

Milenia, Eva Detria, and Ida Farida. 2022. "Pengaruh Simpang Bersinyal Terhadap Kinerja Lalu Lintas". *Jurnal Konstruksi* Vol. 19 No. 2 (Mei, 2022) Hal. 351–361.

Nadia Karunia, Meutia, Muhammad Abi Berkah Nadi, and Denny Alfianto. 2021. "Analisis Persimpangan Tak Bersinyal Menggunakan Software PTV Vissim (Studi Kasus: Jalan Urip Sumoharjo-Jalan Kimaja)". *Original Article Journal of Infrastructure Planning and Design* Vol. 1 No. 1 (Juli, 2021) Hal. 27–36.

Prastio, Darmawan, Yusra Aulia Sari, and Mulia Pamadi. 2022. "Evaluasi Kinerja Simpang Panbil Terhadap Tingkat Pelayanan Lalu Lintas (Studi Kasus Simpang Panbil – Batam) Pengoperasian Sinyal Lalu Lintas. Maka, Pengguna Jalan Hanya Bisa Melintas Dalam". *JCEP* Vol. 33 No. 1 (Juni, 2022) Hal. 60–69.

Putri, Tazia Rahma, Budi Hartanto Susilo. 2021. "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Setia Darma 2 – Inspeksi Kalimantan". *Prosiding Seminar Intelektual Muda* Vol. 3 No. 1 (Agustus, 2021) Hal. 527–536.

Santoso, Sukoco Jati, Evi Puspitasari, and Muhammad Amin. 2021. "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Di Simpang Artos Magelang Dari Aspek Lalu Lintas". *Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Nasional* Vol. 1 No. 1 (2022) Hal 61-68.

Saudi, Akbar Indrawan. 2020. "Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Kawasan Pertokoan Majene". *Bandar: Journal of Civil Engineering* Vol. 2 No. 2 (Agustus, 2020) Hal. 1–8.

Sholahudin, Farhan, and Agi Rivi Hendaridi. 2020. "Analisis Simpang Bersinyal Pada Simpang 4 Jl. Siliwangi Kota Tasikmalaya". *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil* Vol. 3 No. 2 (September, 2020) Hal. 70–75.

Sriharyani, L, and F Fitriani. 2020. "Analisis Kinerja Ruas Jalan Pada Simpang Bersinyal Terminal 16. C Kota Metro". *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil* Vol. 9 No. 2 (Mei, 2020) Hal. 118-129.

Wicaksono, Hanafi Wahyu, Rinto Sasongko, and Udi Subagyo. 2021. "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Dan Biaya Operasional Kendaraan Pada Jalan Galunggung – Jalan Raya Tidar – Jalan Bondowoso Kota Malang". *Jurnal JOS-MRK* Vol. 2 No. 3 (September, 2021) Hal. 174–79.

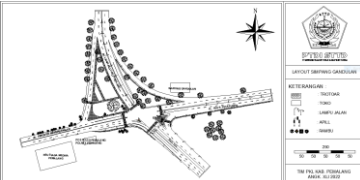
Z, Akhmad Yusuf, Triaswati MN, Aan Fauzi, and Lukman Yusuf. 2020. "Analisis Kinerja Simpang Monumen Trunojoyo Di Kecamatan Sampang, Kabupaten Sampang". *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas* Vol. 4 No.4 (Oktober, 2020) Hal. 317–326.

Rahman, Rahmatang, Labaso, ER, Mashuri, Apriyani. 2021. "Studi Kinerja Simpang Jalan Soekarno-Hatta – Jalan Sisingamangaraja Akibat Dari Pengalihan Arus Lalulintas Jalan Di Kota Palu". *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-24 Universitas Indonesia –Universitas Pembangunan Jaya* (5-6 November, 2021) Hal. 4–6.

Pangemanan, Syanne, and Hendrie J Palar. 2021. "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Pada Simpang Teling – Kota Manado)". *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) ke-VII* Vol. 7 No. 1 (16 Oktober, 2021) Hal. 496–503.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Inventarisasi Simpang Gandulan

		PROGRAM DIPLOMA IV TRANSPORTASI DARAT PRAKTEK KERJA LAPANGAN (PKL) KABUPATEN PEMALANG TAHUN AKADEMIK 2021/2022							
FORMULIR SURVAI INVENTARISASI SIMPANG									
Nama simpang		Gandulan				GAMBAR PENAMPANG MELINTANG 			
Geometri simpang		Simpang 4							
1 Node		602							
2 Tipe pendekatan		Terlindung							
3 Tipe simpang									
4 Fase Simpang		4 Fase							
Arah		Utara	Selatan	Timur	Barat				
Ruas Jalan		JL. LINGKAR LUAR PEMALANG	EXIT TOL	JL. RAYA PETARUKAN	JL. PERINTIS KEMERDEKAAN				
5	Waktu Hijau	75	51	50	41				
6	Waktu Merah	163	187	188	197				
7	Waktu Kuning	3	3	3	3				
8	Lebar pendekatan total (m)	19.1	34.2	20.6	20.6				
9	Lebar Median (m)	0.8	0.7	0.8	0.8				
10	Lebar Bahu kanan (m)	0.5	0.5	3	3				
11	Lebar Bahu kiri (m)	0.5	2.4	-	-				
12	Lebar Trotoar kiri	1.4	1.2	2	2				
13	Lebar Trotoar kanan	1.9	-	1.2	1.2				
14	Lebar Drainase kiri	1.4	1	1	1				
15	Lebar Drainase kanan	1.4	1	1	1				
16	Lebar jalur efektif pendekatan (m)	14	10.59	13.6	13.6				
17	Lebar jalur pendekatan (m)	3.5	3.53	3.4	3.4				
18	Radius Simpang	1/2 m	1/2 m	1/2 m	1/2 m				
19	Hambatan Sampang	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang				
20	Tataguna lahan	Persawahan	Perkebunan	Perkebunan	Komersil				
21	Model Arus (Arah)	2	2	2	2				
22	Kondisi Marka	Bak	Bak	Bak	Bak				
23	Fasilitas Zebra Cross	Buruk	Bak	Kurang baik	Kurang baik				
24	Marka Line Stop	Buruk	Bak	Kurang baik	Kurang baik				
25	Fasilitas Ruang Khusus Roda 2	-	-	-	-				
Fasilitas Simpang		Jumlah	kondisi	Jumlah	kondisi	Jumlah	kondisi	Jumlah	kondisi
26	Rambu Larangan	1	Bak	1	Bak	1	Bak	1	Bak
	Rambu Peringatan	1	Bak	1	Bak	1	Bak	1	Bak
	Rambu Perintah	0	-	1	Bak	1	Bak	1	Bak
	Rambu Petunjuk	1	Bak	1	Bak	1	Bak	1	Bak

Lampiran 2. Input Data arus lalu lintas Simpang Gandulan

SIMPANG BERSINYAL Formulir SIG-II ARUS LALU LINTAS					Tanggal : 10 April 2022 Kota : Kabupaten Pemalang Simpang : Simpang 4 Gandulan							0					
Kode Pendekat	Arah	ARUS KENDARAAN BERMOTOR (MV)														KEND.TAK BERMOTOR	
		Kendaraan Ringan (LV)			Kendaraan Berat (HV)			Sepeda Motor (MC)			Kendaraan Bermotor Total MV	Rasio Berbelok		Arus UM (Kend/jam)	Rasio UM/MV		
		emp terlindung = 1 emp terlawan = 1			emp terlindung = 1.3 emp terlawan = 1.3			emp terlindung = 0.2 emp terlawan = 0.4									
		kend/ jam	smp/jam		kend/ jam	smp/jam		kend/ jam	smp/jam								
			terlindung	terlawan		terlindung	terlawan		terlindung	terlawan		terlindung	terlawan	p LT	p RT		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
Utara	LT/LTOR	204	204	204	45	59	59	288	58	115	537	320	378	0.75		0	0.000
	ST	30	30	30	26	34	34	0	0	0	56	64	64			0	0.000
	RT	41	41	41	10	13	13	15	3	6	66	57	60	0.12		2	0.000
	Total	275	275	275	81	105	105	303	61	121	659	441	502			2	0.003
Selatan	LT/LTOR	86	86	86	92	120	120	0	0	0	178	206	206	0.40		0	0.000
	ST	41	41	41	46	60	60	0	0	0	87	101	101			0	0.000
	RT	98	98	98	85	111	111	0	0	0	183	209	209	0.40		0	0.000
	Total	225	225	225	223	290	290	0	0	0	448	515	515			0	0.000
Timur	LT/LTOR	1	1	1	2	3	3	0	0	0	3	4	4	0.00		0	0.000
	ST	499	499	499	210	273	273	884	177	354	1,593	949	1,126			0	0.000
	RT	23	23	23	143	186	186	135	27	54	301	236	263	0.19		0	0.000
	Total	523	523	523	355	462	462	1,019	204	408	1,897	1,188	1,392			0	0.000
Barat	LT/LTOR	33	33	33	3	4	4	160	32	64	196	69	101	0.17		0	0.000
	ST	236	236	236	43	56	56	427	85	171	706	377	463			0	0.000
	RT	41	41	41	2	3	3	0	0	0	43	44	44	0.07		0	0.000
	Total	310	310	310	48	62	62	587	117	235	945	490	607			0	0.000
3.949																	2

Lampiran 3. Analisis Kinerja Simpang Gandulan

SIMPANG BERSINYAL

Formulir SIG-IV : PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS

Tanggal : 10 April 2022

Kota : Kabupaten Pemalang

Simpang: Simpang 4 Gandulan

0

Distribusi arus lalu lintas (smp/jam)

Fase3

FASE 3

UTARA

BARAT

SELATAN

TIMUR

Fase2

FASE 2

UTARA

BARAT

SELATAN

TIMUR

Fase1

FASE 1

UTARA

BARAT

SELATAN

TIMUR

Fase4

FASE 4

UTARA

BARAT

SELATAN

TIMUR

Kode Pendekat	Hijau dalam Fase No.	Tipe Pendekat (P/O)	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT (smp/jam)		Lebar Efektif (m)	Arus Jenuh (smp/jam) Hijau										Arus Lalu Lintas (smp/jam)	Rasio Fase PR = Frerit	Rasio Arus (FR)	Waktu Hijau (detik)	Kapasitas (smp/jam) (S.g/c)	Derajat Kejenuhan	
			p LTOR	p LT	p RT	Q RT	Q RTO		We	Faktor-faktor koreksi															
										Semua Tipe pendekat						Hanya tipe P		Nilai Kapasitas disesuaikan (smp/jam)							
										Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelan- daian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri										
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)			
U	3	Terrlindung	0.75	0.75	0.12	57	209	7.00	4,200	1.00	0.95	1.00	1.00	1.03	0.88	3,618	441	0.12	0.29	51	766	0.58			
S	2	Terrlindung	0.40	0.40	0.40	209	60	10.59	6354	1.00	0.95	1.00	1.00	1.11	0.94	6,246	515	0.08	0.20	50	1,296	0.40			
T	4	Terrlindung	0.00	0.00	0.19	236	44	6.80	4,080	1.00	0.94	1.00	1.00	1.05	1.00	4,022	1,188	0.30	0.71	75	1,252	0.95			
B	1	Terrlindung	0.17	0.17	0.07	44	263	6.80	4,080	1.00	0.95	1.00	1.00	1.02	0.97	3,843	490	0.13	0.31	41	654	0.75			
																				217					
																		0.63	1.50		3,967				
Waktu Hilang Total LT LTI (det)			24		Waktu siklus pra penyesuaian Co (det)					70		Waktu siklus disesuaikan (c) (det)					1.50		0.71		IFR = E Fcrit		0.95		

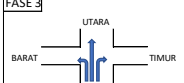
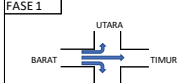
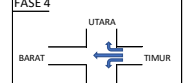
SIMPANG BERSINYAL					Tanggal : 10-Apr-22					0					
Formulir SIG-V					Kota KOTA : KABUPATEN PEMALANG										
PANJANG ANTRIAN					Simpang SIMPANG : SIMPANG 4 GANDULAN										
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI					Waktu Siklus 241										
TUNDAAN															
Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam Q	Kapasitas smp/jam C	Derajat Kejenuhan DS = Q/C	Rasio hijau GR = g/c	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang Antrian QL (m)	Rasio Kendaraan NS stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti N SV smp/jam	Tundaan			
					NQ1	NQ2	Total NQ1+NQ2= NQ	NQ max				Tundaan lalu lintas rata-rata DT det/smp	Tundaan geometrik rata-rata DG det/smp	Tundaan rata-rata D = DT + DG det/smp	Tundaan Total D x Q smp.det
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
U	441	766	0.58	0.21	0.18	7.74	7.92	7.92	22.61	0.24	106	86.13	0.87	87.00	38,359.55
S	515	1,296	0.40	0.21	-0.17	8.69	8.52	8.52	16.09	0.22	115	82.01	1.89	83.90	43,202.11
T	1,188	1,252	0.95	0.31	7.23	22.71	29.94	29.94	88.06	0.34	402	101.95	2.35	104.30	123,942.12
B	490	654	0.75	0.17	0.98	9.11	10.09	10.09	29.67	0.28	136	100.51	2.11	102.62	50,261.84
								88.06	39.11						
LTOR (semua)	598		0.67									92.6	1.8	94.5	56,503.85
Arus kor. Qkor	12.09									Total	759			Total	312,269.46
Arus total Qtot	2,634								Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp	0.29		Tundaan simpang rata-rata (det/smp)			118.6578

Lampiran 4. Analisis Kinerja Simpang Gandulan usulan I

SIMPANG BERSINYAL			Tanggal : 10 April 2022																				
Formulir SIG-IV : PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS			Kota : Kabupaten Pomalang												0								
Distribusi arus lalu lintas (smp/jam)			Fase3			Fase2			Fase1			Fase4											
Kode Pendekat	Hijau dalam Fase No.	Tipe Pendekat (P/O)	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT (smp/jam)		Lobar Efektif (m)	Arus Jenruh (smp/jam) Hijau							Arus Lalu Lintas (smp/jam)	Rasio Arus (FR)	Rasio Fase PR = Frcrit	Waktu Hijau (detik)	Kapasitas (smp/jam) (S.g /c)	Derajat Kejenuhan		
						Arah Diri	Arah Lawan		Faktor-faktor koreksi				Hanya tipe P		Nilai Kapasitas disesuaikan (smp/jam) S								
			p LTOR	p LT	p RT	Q RT	Q RTO	We	Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelan-daian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri									
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)							(14)	(15)
U	3	Terrhindung	0.75	0.75	0.12	57	209	7.00	4,200	1.00	0.95	1.00	1.00	1.03	0.88	3,618	441	0.12	0.29	17	683	0.65	
S	2	Terrhindung	0.40	0.40	0.40	209	60	10.59	6354	1.00	0.95	1.00	1.00	1.11	0.94	6,246	515	0.08	0.20	12	833	0.62	
T	4	Torlwian	0.00	0.00	0.19	236	44	4.080	1.00	0.94	1.00	1.00	1.05	1.00	4,022	1,188	0.30	0.71	43	1,922	0.62		
B	1	Torlwian	0.17	0.17	0.07	44	263	6.80	4,080	1.00	0.95	1.00	1.00	1.02	0.97	3,843	490	0.13	0.31	43	1,836	0.27	
																	E FR		Rasio 3 fase		5,274		
																	0.60	0.68	1.20				
Waktu Hilang Total LT LTI (det)			18	Waktu siklus pra penyesuaian Co (det)					55	Waktu siklus disesuaikan (c) (det)							90	IFR = E Fr _{perit}		0.42			0.65

SIMPANG BERSINYAL					Tanggal : 10-Apr-22										
Formulir SIG-V					Kota KOTA : KABUPATEN PEMALANG				0						
PANJANG ANTRIAN					Simpang SIMPANG : SIMPANG 4 GANDULAN										
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI					Waktu Siklus 90										
TUNDAAN															
Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam Q	Kapasitas smp/jam C	Derajat Kejenuhan DS = Q/C	Rasio hijau GR = g/c	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang Antrian QL (m)	Rasio Kendaraan NS stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti N SV smp/jam	Tundaan			
					NQ1	NQ2	Total NQ1+NQ2= NQ	NQ max				Tundaan lalu lintas rata-rata DT det/smp	Tundaan geometrik rata-rata DG det/smp	Tundaan rata-rata D = DT + DG det/smp	Tundaan Total D x Q smp.det
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
U	441	683	0.65	0.19	0.41	6.21	6.62	6.62	18.91	0.54	238	35.86	0.72	36.58	16,127.81
S	515	833	0.62	0.13	0.31	7.42	7.73	7.73	14.60	0.54	278	38.17	3.16	41.34	21,283.83
T	1,188	1,922	0.62	0.48	0.31	13.44	13.75	13.75	40.43	0.42	495	18.00	2.67	20.67	24,556.79
B	490	1,836	0.27	0.48	0.32	4.47	4.15	4.15	12.22	0.31	150	13.44	2.22	15.66	7,671.15
									40.43	21.54					
LTOR (semua)	598		0.54									26.4	2.2	28.6	17,084.96
Arus kor. Qkor	9.91									Total	1,161			Total	86,724.54
Arus total Qtot	2,634									Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp	0.44			Tundaan simpang rata-rata (det/smp)	32,9263

Lampiran 5. Analisis Kinerja Simpang Gandulan usulan II

SIMPANG BERSINYAL			Tanggal : 10 April 2022		
Formulir SIG-IV : PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS			Kota : Kabupaten Pemalang		
			Simpang: Simpang 4 Gandulan		
Distribusi arus lalu lintas (smp/jam)		Fase3 		Fase2 	
		Fase1 		Fase4 	

SIMPANG BERSINYAL					Tanggal : 10-Apr-22										
Formulir SIG-V					Kota KOTA : KABUPATEN PEMALANG										
PANJANG ANTRIAN					Simpang SIMPANG : SIMPANG 4 GANDULAN										
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI					Waktu Siklus 105										
TUNDAAN															
Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam Q	Kapasitas smp/jam C	Derajat Kejuhunan DS = Q/C	Rasio hijau GR = g/c	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang Antrian QL (m)	Rasio Kendaraan NS stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti N SV smp/jam	Tundaan			
					NQ1	NQ2	Total NQ1+NQ2= NQ	NQ max				Tundaan lalu lintas rata-rata DT det/smp	Tundaan geometrik rata-rata DG det/smp	Tundaan rata-rata D = DT + DG det/smp	Tundaan Total D x Q smp.det
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
U	441	551	0.80	0.15	1.46	8.32	9.78	9.78	27.93	0.68	302	52.47	0.65	53.11	23,417.08
S	515	654	0.79	0.10	1.32	9.82	11.14	11.14	21.04	0.67	344	53.13	3.67	56.80	29,246.36
T	1,188	1,456	0.82	0.36	1.70	21.04	22.74	22.74	66.87	0.59	702	34.55	3.36	37.91	45,050.02
B	490	586	0.84	0.15	1.97	9.30	11.27	11.27	33.16	0.71	348	55.36	3.84	59.20	28,996.19
									66.87	37.25					
LTOR (semua)	598		0.81									48.9	2.9	51.8	30,960.36
Arus kor. Qkor	20.50									Total	1,695			Total	157,670.01
Arus total Qtot	2,634								Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp	0.64			Tundaan simpang rata-rata (det/smp)		59,861.8