

**OPTIMALISASI PERSIMPANGAN TAK BERSINYAL PASAR
SIBUHUAN, KABUPATEN PADANG LAWAS, SUMATERA UTARA**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Riau
Pekanbaru*



OLEH :

DESI YANTI FUTRI CITRA HASIBUAN

163110789

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2021

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarokatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini mengenai "**OPTIMALISASI PERSIMPANGAN TAK BERSINYAL PASAR SIBUHUAN, KABUPATEN PADANG LAWAS, SUMATERA UTARA**". Tugas akhir ini berupa skripsi sebagai syarat untuk meraih gelar sarjana strata 1 (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

Tugas akhir ini berisi tentang rangkuman dan kesimpulan selama penulis melakukan penelitian dan analisa. Rangkuman dan kesimpulan ini disusun dalam bab-bab, bab tersebut terdiri dari bab I yang berisi tentang latar belakang, bab II berisi tentang tinjauan pustaka, bab III berisi tentang landasan teori, bab IV berisi tentang metodologi penelitian, bab V berisi tentang hasil dan pembahasan, dan bab VI berisi tentang kesimpulan dan saran.

Penulis berharap Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi mahasiswa/i Teknik Sipil, penulis juga menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam menyusun Tugas Akhir ini, maka dari itu kritik dan saran sangat diharapkan dari pembaca agar kedepannya bisa lebih baik lagi.

Pekanbaru, 27 Januari 2021

Penulis

Desi Yanti Putri Citra Hasibuan

UCAPAN TERIMA KASIH
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C..L, Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng Muslim, MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, S.Si.,M.Sc, Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST.,MT, Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, ST.,M.Si, Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau .
7. Ibu Sapitri, ST.,MT, Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Bapak Muchammad Zaenal Muttaqin, ST.,MSc, sebagai Dosen Pembimbing.
9. Ibu Harmiyati, ST.,M.Si dan Bapak Ir. H. Firdaus.,MP, sebagai Dosen Penguji.
10. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

11. Seluruh karyawan dan karyawan fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Teristimewah Ayahanda dan Ibunda tercinta Syamsuddin Hasibuan dan Maskuria Harahap S.Pd, sebagai Orang Tua yang selalu memberikan dan mendo'akan yang terbaik serta sangat berperan dalam proses pendewasaan penulis.
13. Abang saya Irham Efendi Hasibuan dan Febriyansah Efendi Hasibuan, kakak saya Nuraisyah Wilda Yanti Hasibuan S.H, kakak ipar saya Mira Simanjuntak, yang tidak pernah berhenti memberikan motivasi dan selalu memberikan semangat kepada penulis.
14. Keluarga Asrama Putri UIR yang selalu mau mendengarkan curhatan panjang lebar, dan selalu memberi semangat.
15. Buat senior saya Muhammad Solihin S.T, dkk yang telah membantu penelitian saya untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
16. Buat teman saya Encik Akbar Andik c.ST dan adik junior saya Gryanda Wahyu Sugeng c.ST telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
17. Buat teman seperjuangan saya Diana Hanafi S.T dan Karlina Arzitta S.T yang selalu mensupport dan menemani dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
18. Buat temen sekamar saya di Asrama Putri UIR waktu di kamar no 21 Siti Nurrohmah S.Pd dan teman sekamar saya sekarang sampai lulus Dwita Rega Martania c.ST yang menemani dan memberi semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih atas segala bantuanya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga segala amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin...

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, 27 Januari 2021

Penulis

Desi Yanti Putri Citra Hasibuan

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Manfaat Teoritis	3
1.4.2 Manfaat Praktis	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Hasil Penelitian Sejenis	5
2.3 Keaslian Penelitian	9
BAB III	10
LANDASAN TEORI	10
3.1 Persimpangan	10
3.1.1 Prinsip Dasar Persimpangan.....	11

3.1.2	Jenis-Jenis Persimpangan.....	11
3.1.3	Kinerja Persimpangan	13
3.1.4	Gerakan Lalu lintas Pada persimpangan	13
3.2	Optimalisasi	14
3.2.1	Optimalisasi Ruang Jalan.....	15
3.2.2	Optimalisasi Simpang	16
3.3	Simpang Tak Bersinyal.....	16
3.3.1	Arus Lalu Lintas.....	16
3.3.2	Kapasitas	17
3.3.3	Perilaku Lalu Lintas	23
3.4	Simpang Bersinyal.....	29
3.4.1	Arus Lalu Lintas.....	30
3.4.2	Penggunaan Sinyal	31
3.4.3	Penentuan Waktu Sinyal	33
3.4.4	Menentukan Nilai Arus Jenuh Dasar (S_0)	36
3.4.5	Faktor Penyesuaian	37
3.4.6	Rasio Arus dengan Arus Jenuh	41
3.4.7	Waktu Siklus dan Waktu Hijau.....	41
3.4.7	Kapasitas (C).....	43
3.4.8	Panjang Antrian.....	44
3.4.9	Kendaraan Terhenti.....	45
3.4.10	Tundaan.....	46
BAB IV	48
METODOLOGI PENELITIAN	48
4.1	Bahan dan Alat.....	48
4.2	Teknik Pengumpulan Data.....	48
4.3	Tahapan Penelitian	49
4.4	Lokasi Penelitian	55
BAB V	56
HASIL DAN PEMBAHASAN	56
5.1	Identifikasi Kondisi Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan ..	56

5.1.1	Kondisi Geometrik Simpang.....	56
5.1.2	Kondisi Lingkungan.....	57
5.1.3	Kondisi Lalu Lintas.....	58
5.2	Kapasitas Simpang Tak Bersinyal.....	60
5.2.1	Kapasitas Simpang.....	60
5.3	Perilaku Lalu Lintas.....	68
5.4	Alternatif Solusi Perbaikan Simpang.....	73
5.4.1	Alternatif I (Meminimalisirkan Hambatan Samping).....	73
5.4.2	Alternatif II (Pelebaran Jalan Minor Menjadi 5,10 m).....	82
5.4.3	Alternatif III (Penggabungan Alternatif I dan Alternatif II).....	89
5.4.4	Alternatif IV (Merubah Simpang Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal).....	94
5.5	Pembahasan.....	96
5.5.1	Penerapan Alternatif Solusi.....	97
BAB VI	103
KESIMPULAN DAN SARAN	103
6.1	Kesimpulan.....	103
6.2	Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang Simpang Tak Bersinyal	17
Tabel 3.2 Kapasitas Dasar (Co)	18
Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama	19
Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)	20
Tabel 3.5 Klasifikasi Hambatan Samping	20
Tabel 3.6 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (FRSU).....	21
Tabel 3.7 Faktor Penyesuaian Arus Jalan Minor (P _{MI}).....	23
Tabel 3.8 Tingkat Pelayanan Lalu Lintas	29
Tabel 3.9 Nilai Ekuivalensi Kendaraan Berat, Kendaraan Ringan, dan Sepeda Motor terhadap satuan mobil penumpang	30
Tabel 3.10 Nilai Normal Waktu Antar Hijau.....	31
Tabel 3.11 Penentuan Tipe Pendekat	34
Tabel 3.12 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)	37
Tabel 3.13 Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor (F _{SF}).....	37
Tabel 3.14 Waktu Siklus yang Disarankan Untuk Keadaan yang Berbeda.....	43
Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Arus Lalu Lintas	59
Tabel 5.2 Kapasitas Dasar (Co) Simpang Empat Pasar Sibuhuan.....	60
Tabel 5.3 Lebar Pendekat Simpang Empat Pasar Sibuhuan	60
Tabel 5.4 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (F _M).....	63
Tabel 5.5 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)	63
Tabel 5.6 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (FRSU) Kondisi Eksisting	65
Tabel 5.7 Nilai P _{LT} , P _{RT} , dan P _{MI}	66
Tabel 5.8 Hasil Analisa Kapasitas (C) simpang empat Pasar Sibuhuan Pada Jam Puncak Maksimum	67

Tabel 5.9	Perilaku Lalu Lintas.....	69
Tabel 5.10	Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU}) Alternatif I.....	76
Tabel 5.11	Hasil Analisa Kapasitas (C) simpang empat Pasar Sibuhuan Pada Jam Puncak Siang Senin.....	77
Tabel 5.12	Perilaku Lalu Lintas Alternatif I.....	78
Tabel 5.13	Hasil Analisa Kapasitas (C) simpang empat Pasar Sibuhuan Pada Jam Puncak Maksimum.....	84
Tabel 5.14	Perilaku Lalu Lintas Alternatif II.....	85
Tabel 5.15	Hasil Analisa Kapasitas (C) simpang empat Pasar Sibuhuan Pada Jam Puncak Maksimum.....	89
Tabel 5.16	Perilaku Lalu Lintas Alternatif III.....	90
Tabel 5.17	Kinerja Simpang Alternatif III Pada Jam Puncak Maksimum.....	95
Tabel 5.16	Rekapitulasi Perbandingan Kinerja Eksisting dengan Alternatif I, Alternatif II, Alternatif III dan Alternatif IV Pada Jam Puncak Maksimum.....	102

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Pertemuan Tidak Sebidang.....	12
Gambar 3.2 Tipe Lengan.....	12
Gambar 3.3 Gambar Alih Gerak Kendaraan	14
Gambar 3.4 Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w).....	19
Gambar 3.5 Faktor Penyesuaian Belok-Kiri (F_{LT}).....	21
Gambar 3.6 Faktor Penyesuaian Belok-Kanan (F_{RT}).....	22
Gambar 3.7 Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor (F_{MI})	22
Gambar 3.8 Tundaan Lalu Lintas Simpang-Derajat Kejenuhan	25
Gambar 3.9 Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama-Derajat Kejenuhan	26
Gambar 3.10 Rentang Peluang Antrian (QP %) Terhadap Derajat Kejenuhan (DS)	28
Gambar 3.11 Titik Konflik Kritis dan Jarak Untuk Keberangkatan dan Kedatangan..	32
Gambar 3.12 Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas.....	35
Gambar 3.13 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tipe P	36
Gambar 3.14 Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G).....	38
Gambar 3.15 Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir dan Lajur Belok Kiri yang Pendek (F_P).....	39
Gambar 3.16 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan (F_{RT}).....	39
Gambar 3.17 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kiri (F_{LT})	40
Gambar 3.18 Rasio Arus Simpang IFR.....	42
Gambar 3.19 Jumlah Kendaraan Antri (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1)	44
Gambar 3.20 Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{MAX}) dalam smp.....	45
Gambar 3.21 Penetapan tundaan lalu lintas rata-rata (DT)	47
Gambar 4.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian.....	52
Gambar 4.2 Bagan Alir Simpang Tak Bersinyal.....	53
Gambar 4.3 Bagan Alir Simpang Bersinyal.....	54
Gambar 4.4 Lokasi Penelitian	55

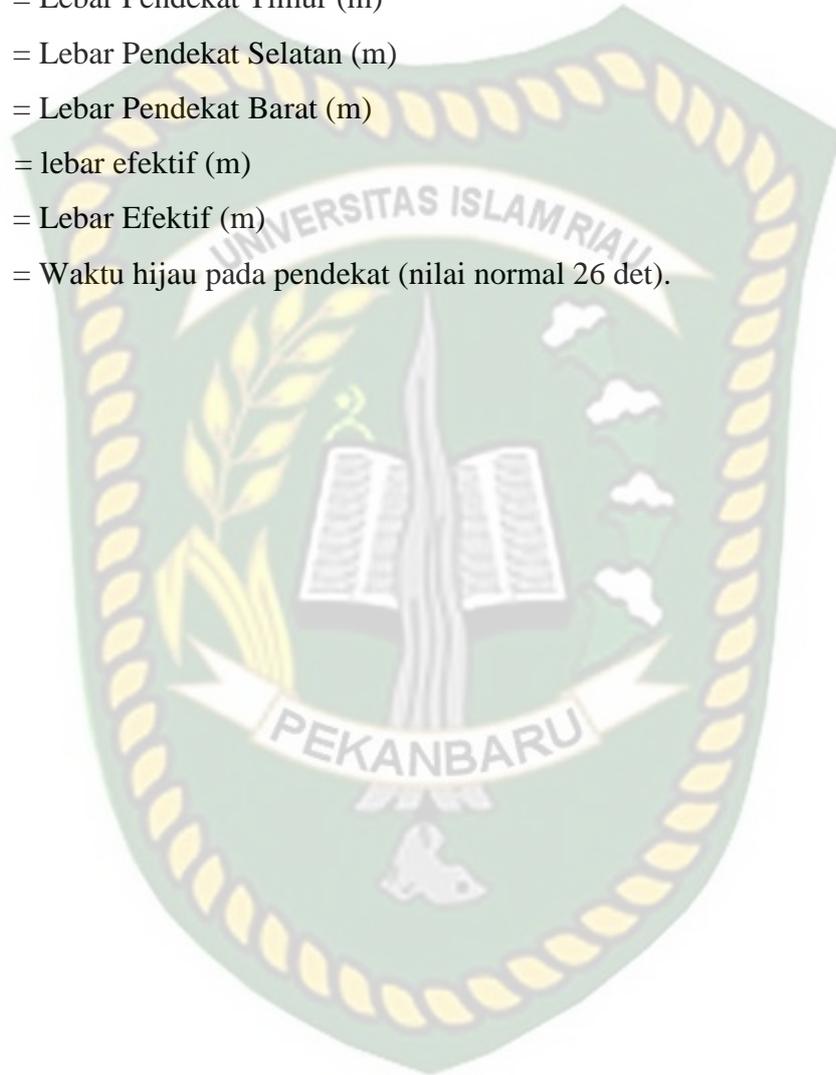
Gambar 5.1	Kondisi Geometri Simpang Empat Pasar Sibuhuan.....	56
Gambar 5.2	Tata Guna Lahan Simpang Empat Pasar Sibuhuan.....	57
Gambar 5.3	Hambatan Samping Simpang Empat Pasar Sibuhuan	58
Gambar 5.4	Kondisi Geometri Simpang Empat Pasar Sibuhuan Dengan Hambatan Samping Tinggi Pada Kondisi Eksisting	61
Gambar 5.5	Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w) Simpang Empat Pasar Sibuhuan.....	62
Gambar 5.6	Kawasan Simpang Empat Pasar Sibuhuan	64
Gambar 5.7	Kondisi Geometri Simpang Empat Pasar Sibuhuan Pada Alternatif	73
Gambar 5.8	Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w) Simpang Empat Pasar Sibuhuan.....	75
Gambar 5.9	Kondisi Geometri Simpang Empat Pasar Sibuhuan Pada Alternatif II	82
Gambar 5.10	Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w)	83
Gambar 5.11	Volume Lalu Lintas (smp/jam) Pada Jam Puncak	97
Gambar 5.12	Grafik Perbandingan Derajat Kejenuhan (DS) Kondisi Eksisting dengan Alternatif Solusi	98
Gambar 5.13	Grafik Perbandingan Tundaan Kondisi Eksisting dengan Alternatif Solusi	99
Gambar 5.14	Grafik Perbandingan Peluang Antrian (%) Kondisi Eksisting dengan Alternatif Solusi	101

DAFTAR NOTASI

C	= Kapasitas (smp/jam)
C_o	= Kapasitas Dasar (smp/jam)
COM	= Komersial
c_{ua}	= Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)
c_{ua}	= Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)
D	= Tundaan Simpang (det/smp)
DG	= Tundaan Geometrik Simpang
DS	= Derajat Kejenuhan
DT	= Tundaan Lalu Lintas Rata-rata (det/smp)
DT_I	= Tundaan Lalu Lintas Simpang (det/smp)
DT_{MA}	= Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (det/smp)
DT_{MI}	= Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (det/smp)
DxQ	= Tundaan Total (smp.det)
emp	= Ekuivalen Mobil Penumpang
F_{cs}	= Faktor penyesuaian ukuran kota
FG	= Faktor Penyesuaian Kelandaian
F_{LT}	= Faktor penyesuaian belok kiri
F_M	= Faktor penyesuain median jalan utama
F_{MI}	= Faktor penyesuaian jalan minor
F_P	= Faktor Penyesuaian Parkir
FR_{crit}	= Rasio Arus Kritis
F_{RSU}	= Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan
F_{RT}	= Faktor penyesuaian belok kanan
F_{SF}	= Faktor Penyesuaian Hambatan Samping
F_W	= Faktor penyesuaian lebar pendekat
g_i	= Tampilan waktu hijau pada fase I (det)
GR	= Rasio Hijau
HV	= Kendaraan Berat
IFR	= Rasio Arus Simpang

- L_P = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama atau
- LTI = Waktu hilang total persiklus (det)
- LV = Kendaraan Ringan
- MC = Sepeda Motor
- NQ = Jumlah Kendaraan Antri Total (smp/jam)
- NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
- NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah
- NQ_{MAX} = Jumlah Kendaraan Antri Maksimum (smp/jam)
- NS = Rasio Kendaraan (stop/smp)
- N_{SV} = Jumlah Kendaraan Terhenti (smp/jam)
- P = Tipe Pendekat Terlindung
panjang dari lajur pendek (m)
- P_{LT} = Rasio Belok Kanan
- P_{LT} = Rasio Belok Kiri
- PR = Rasio Fase
- PR_i = Rasio fase FR_{crit}
- P_{SV} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = $\text{Min}(NS, 1)$
- P_T = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat
- P_{UM} = Rasio tidak bermotor
- Q = Arus Lalu Lintas (smp/jam)
- QL = Panjang Antrisan (m)
- Q_{LT} = Arus Lalu Lintas Belok Kiri (smp/jam)
- Q_{LTOR} = Arus Lalu Lintas Belok Kiri Langsung (kend/jam atau smp/jam)
- Q_{MA} = Arus lalu lintas total pada jalan mayor (smp/jam)
- Q_{masuk} = Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)
- Q_{MI} = Arus lalu lintas total pada jalan minor (smp/jam)
- Q_{MV} = Arus Lalu Lintas Total (kend/jam atau smp/jam)
- QP = Peluang Antrian (%)
- Q_{RT} = Arus Lalu Lintas Belok Kanan (smp/jam)
- Q_{ST} = Arus Lalu Lintas Lurus (smp/jam)
- S_0 = Arus Lalu Lintas Jenuh Dasar (smp/jam)

- UM = Kendaraan Tak Bermotor
W_A = Lebar Pendekat (m)
W_A = Lebar Pendekat Utara (m)
W_B = Lebar Pendekat Timur (m)
W_C = Lebar Pendekat Selatan (m)
W_D = Lebar Pendekat Barat (m)
W_e = lebar efektif (m)
W_e = Lebar Efektif (m)
G = Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 det).



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A

1. Perhitungan Simpang Tak Bersinyal
2. Perhitungan Simpang Bersinyal

Lampiran B

1. Form Data Survey
2. Form SIG Simpang Tak Bersinyal
3. Form SIG Simpang Bersinyal
4. Dokumentasi

Lampiran C

1. Surat-surat penelitian Tugas Akhir



OPTIMALISASI PERSIMPANGAN SIMPANG TAK BERSINYAL PASAR SIBUHUAN, KABUPATEN PADANG LAWAS, SUMATERA UTARA

DESI YANTI FUTRI CITRA HASIBUAN
163110789

ABSTRAK

Persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan berlokasi di Desa Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara. Persimpangan ini merupakan simpang tak bersinyal yang memiliki 4 (empat) lengan, dengan 2 (dua) jalur 2 (dua) lajur tanpa median. Tingginya derajat kejenuhan (DS) yang disebabkan oleh volume arus lalu lintas yang mengalami peningkatan serta hambatan samping yang tinggi. Dan hal tersebut sulit diimbangi dengan ketersediaan sarana dan prasarana jalan yang ada. Sehingga keadaan ini mengakibatkan munculnya permasalahan di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan tersebut, terutama kemacetan atau penumpukan kendaraan di persimpangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai derajat kejenuhan (DS) pada kondisi eksisting, alternatif apa yang dilakukan dalam mengoptimalkan persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, berapa derajat kejenuhan (DS) yang dihasilkan dari hasil optimalisasi, dan bagaimana perbandingan nilai derajat kejenuhan (DS) sebelum dan sesudah dilakukan optimalisasi.

Teknik penelitian yang dilakukan yaitu dengan melakukan survei langsung dilapangan pada saat jam puncak selama 3 (tiga) hari, 2 (dua) hari sibuk dan 1 (satu) hari tak sibuk untuk mendapatkan data data-data yang diperlukan seperti volume lalu lintas, geomterik simpang dan data lainnya. Kemudian data-data yang telah didapat tersebut diolah dan di analisis menggunakan acuan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dalam penilaian terhadap kinerja lalu lintas pada persimpangan.

Hasil yang didapatkan dari analisa kondisi eksisting pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diperoleh nilai Derajat Kejenuhan (DS) = 0,86, nilai Derajat Kejenuhan (DS) pada simpang empat Pasar Sibuhuan telah melewati nilai yang disarankan oleh MKJI 1997, yaitu $DS \leq 0,75$. Langkah alternatif yang dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja persimpangan ada 4 (empat) alternatif, yaitu dengan meminimalisir hambatan samping nilai DS = 0,78, pelebaran jalan minor menjadi 5,10 m nilai DS = 0,78, meminimalisir hambatan samping dan pelebaran jalan minor menjadi 5,10 m nilai DS = 0,77, dan merubah simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal nilai DS = 0,58. Hasil alternatif didapat dari analisa yang dilakukan dapat mengurangi Derajat Kejenuhan (DS) yang diinginkan sesuai dengan yang disarankan oleh MKJI 1997.

Kata Kunci: Persimpangan, Padang Lawas, MKJI 1997, Derajat Kejenuhan, Optimalisasi

OPTIMIZATION OF UNSIGNED JUNCTIONS OF THE SIBUHUAN MARKET, PADANG LAWAS DISTRICT, NORTH SUMATERA

DESI YANTI FUTRI CITRA HASIBUAN
163110789

ABSTRACT

An unsigned intersection of Sibuhuan Market is located in Sibuhuan Village, Padang Lawas Regency, North Sumatra. This intersection is an unsigned intersection that has 4 (four) arms, with 2 (two) lanes, 2 (two) lanes without a median. The high degree of saturation (DS) is caused by the increased volume of traffic flow and high side friction. And this is difficult to balance with the number of existing road facilities and infrastructure. So that this situation is the victim of the disaster at the intersection of the Sibuhuan Market, especially those with congestion or a build-up of vehicles on the lane. The purpose of this study is to determine the saturation value (DS) in the existing conditions, what alternatives are made in optimizing the signalless path of the Sibuhuan Market, how many degrees of saturation (DS) are generated from the optimization results, and how to assess the degree of saturation (DS) before and after optimization.

The research technique carried out is by conducting direct field surveys during peak hours for 3 (three) days, 2 (two) busy days and 1 (one) non-busy day to obtain the necessary data such as traffic volume, geometric intersections and other data. Then the data that has been obtained are processed and analyzed using the Indonesian Road Capacity Manual (MKJI) 1997 reference. This type of research is descriptive quantitative in assessing traffic performance at intersections.

The results obtained from the analysis of the existing conditions at the intersection of the Sibuhuan Market not signaled the degree of saturation (DS) = 0.86, the degree of saturation (DS) value at the intersection of four Sibuhuan Market has passed the value suggested by MKJI 1997, namely $DS \leq 0,75$. There are 4 (four) alternative steps taken to optimize the performance of the intersection, namely by minimizing side obstacles, the value of $DS = 0.78$, widening the minor roads to 5.10 m, the value of $DS = 0.78$, minimizing side obstacles and widening minor roads to become 5.10 m, the value of $DS = 0.77$, and changing the intersection without signal to the intersection with the value of $DS = 0.58$. The alternative results obtained from the analysis carried out can reduce the desired degree of saturation (DS) as suggested by MKJI 1997.

Keywords: Intersection, Padang Lawas, MKJI 1997, Degree of Saturation, Optimization.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana angkutan darat yang mempunyai peranan penting dalam memperlancar kegiatan hubungan perekonomian dan hubungan kegiatan sosial, serta berperan besar dalam kemajuan dan perkembangan suatu daerah. Lalu lintas ini merupakan hal yang sangat penting dalam meningkatkan mobilitas sosial masyarakat. Setiap waktu masyarakat terus bergulat dengan lalu lintas dengan bermacam-macam kepentingan. Lalu lintas pun telah melewati berbagai kondisi zaman dan di ikuti dengan berbagai kemajuan di Bidang Ilmu Teknologi sampai dengan perubahan pola tingkah laku masyarakat (Prasetyo, 2016).

Lalu lintas memiliki karakteristik dan keunggulan tersendiri maka perlu dikembangkan dan dimanfaatkan sehingga mampu menjangkau seluruh wilayah dan pelosok daratan dengan mobilitas tinggi dan mampu memadukan sarana transportasi lain. Menyadari peranan transportasi maka lalu lintas ditata dalam sistem transportasi nasional secara terpadu dan mampu mewujudkan tersedianya jasa transportasi yang serasi dengan tingkat kebutuhan lalu lintas yang tertib, selamat, aman, nyaman, cepat, teratur, lancar, dan biaya terjangkau oleh masyarakat.

Pengembangan lalu lintas yang ditata dalam satu kesatuan sistem dilakukan dengan mengintegrasikan dan mendominasi unsurnya yang terdiri dari jaringan transportasi jalan kendaraan beserta dengan pengemudinya, peraturan-peraturan dan metode sedemikian rupa sehingga terwujud suatu totalitas yang utuh, berdaya guna, dan berhasil. Lalu lintas dan angkutan jalan agar lebih luas daya jangkau dan pelayanan kepada masyarakat dengan memperhatikan sebesar-besarnya kepentingan umum dan kemampuan/kebutuhan masyarakat, kelestarian lingkungan, koordinasi antara wewenang pusat dan daerah serta unsur instansi sektor, dan antar unsur terkait setra terciptanya keamanan dan ketertiban masyarakat dalam penyelesaian lalu lintas dan angkutan jalan, serta

sekaligus dalam rangka mewujudkan sistem transportasi nasional yang handal dan terpadu.

Menurut Undang-undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, maupun pendapat para pakar. Menurut pasal 1 Undang-undang Nomor 22 Tahun 2009, lalu lintas didefinisikan sebagai kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan, adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan / atau barang yang berupa jalan dengan fasilitas pendukungnya.

Perkembangan volume lalu lintas di Sumatera Utara terus meningkat akibat dari pertumbuhan dan perkembangan daerah serta laju pertumbuhan penduduk. Pertumbuhan volume lalu lintas yang tidak diiringi dengan penambahan pembangunan infrastruktur jalan seringkali mengakibatkan kemacetan. Kemacetan lalu lintas merupakan masalah utama di kota-kota besar yang terutama dirasakan pada jam-jam sibuk, baik pagi, siang, maupun sore hari. Sama halnya dengan perkembangan volume lalu lintas di Kabupaten Padang Lawas khususnya di Pasar Sibuhuan yang merupakan wilayah komersial yang memiliki tingkat kemacetan yang tinggi. Dimana pada simpang tersebut terdapat sebuah pasar yang merupakan pusat perdagangan tepatnya di Jl. Sibuhuan-Gunung Tua dan Jl. Prof.H. M Yamin SH dengan hambatan samping yang tinggi. Hal ini disebabkan adanya aktivitas pasar, kendaraan yang parkir pada badan jalan dan kendaraan keluar masuk pada lengan simpang.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian agar operasional persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan terpenuhi. Penelitian ini dilakukan dengan mengoptimalkan kinerja persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan menggunakan metode MKJI 1997 untuk mengurangi nilai derajat kejenuhan (DS) pada persimpangan. Maka dari itu perlu dilakukan optimalisasi persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas Sumatera Utara.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja lalu lintas eksisting pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan?
2. Bagaimana solusi alternatif penyelesaian persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan?
3. Bagaimana perbandingan derajat kejenuhan (DS) persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan saat kondisi eksisting dengan setelah dioptimalisasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui kinerja lalu lintas eksisting pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan.
2. Untuk mengetahui solusi alternatif penyelesaian persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, menggunakan panduan MKJI 1997.
3. Untuk mengetahui perbandingan derajat kejenuhan (DS) persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan saat kondisi eksisting dengan setelah dioptimalisasi.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Manfaat penulisan skripsi ini secara teoritis adalah untuk menambah pengetahuan mengenai optimalisasi persimpangan lalu lintas dengan penerapan strategi rekayasa lalu lintas sebagai upaya mengurangi kemacetan.

1.4.2 Manfaat Praktis

Sebagai bahan studi ataupun pembanding untuk penelitian selanjutnya dengan topik yang sejalan dengan skripsi ini, yaitu mencari solusi optimalisasi untuk menghilangkan kemacetan. Solusi yang diperoleh dari pembahasan skripsi ini juga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah khususnya

instansi atau dinas terkait dalam pengaturan lalu lintas sebagai upaya untuk mengurangi kemacetan.

1.5 Batasan Masalah

Dalam hal ini, untuk memperingkat dan memperjelas suatu penelitian agar dapat dibahas dengan baik dan tidak meluas, maka perlu direncanakan batasan masalah yang terdiri dari:

1. Penelitian dilakukan dalam 3 (tiga) sesi yaitu jam 06.00-08.00 WIB, jam 12.00-14.00 WIB, dan jam 16.00-18.00 WIB selama 3 (tiga) hari, yaitu 2 (dua) hari sibuk (Senin dan Selasa) dan 1 (satu) hari tak sibuk (Sabtu).
2. Penelitian difokuskan pada optimalisasi persimpangan lalu lintas di persimpangan simpang tak bersinyal Pasar Sibuhuan, dengan melakukan analisa berdasarkan panduan kinerja lalu lintas yang disusun oleh MKJI 1997.
3. Tidak memperhitungkan biaya pelebaran jalan pada jalan minor pada solusi alternatif yang direncanakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka atau tinjauan literatur adalah ringkasan komprehensif dari penelitian sebelumnya tentang suatu topik. Literatur tersebut dapat bersumber dari laporan, artikel ilmiah, buku, dan sumber lainnya. Tinjauan tersebut harus menyebutkan, menjelaskan, merangkum, mengevaluasi, secara objektif, dan memperjelas penelitian terdahulu.

2.2 Hasil Penelitian Sejenis

Tinjauan pustaka berisikan tentang penelitian terdahulu yang mempunyai hubungan dengan penelitian yang akan dilakukan untuk mendapatkan solusi bagi peneliti yang sedang dilakukan dalam permasalahan yang belum terpecahkan untuk memperoleh hasil penelitian yang sangat memuaskan. Dalam penelitian ini disajikan beberapa hasil dari penelitian terdahulu yaitu oleh Novi Listiana (2019) Risna Rismiana Sari (2017), Novriyadi Rorong (2015), Margareth E. Bolla (2015), Pandu Abraham Saleh (2015), dan Ali Alhadar (2011).

Novi Listiana (2019), melakukan penelitian tentang “*Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan Raya Dramaga-Babulak Bogor, Jawa Barat*”. Dalam penelitian ini diukur dan dianalisa melalui pemodelan penerapan alternatif simpang. Dimana, alternatif yang diterapkan ada tiga alternatif yaitu alternatif I, II dan III. Dari ketiga alternatif tersebut dibandingkan mana tingkat pelayanannya yang lebih optimal dalam kinerja lalu lintasnya pada simpang tak bersinyal jalan raya dramaga-babulak bogor, jawa barat. Dari hasil penelitian dan analisis data arus lintas pada simpang tak bersinyal jalan raya dramaga-babulak bogor, jawa barat, alternatif kondisi terbaik pada penelitian tersebut adalah alternatif I, dengan volume lalu lintas sebesar 3815 smp/jam diperoleh nilai derajat kejenuhan (D_s) = 0,76 dengan tingkat pelayanan B. Sedangkan pada alternatif II dengan volume lalu lintas sebesar 3498 diperoleh nilai derajat kejenuhan (D_s) = 0,98 dan alternatif III dengan volume lalu lintas sebesar 3498 diperoleh nilai derajat kejenuhan (D_s) = 0,88.

Risna Rismiana Sari (2017), melakukan penelitian tentang “*Pengaruh Pemberlakuan Rekayasa Lalu Lintas Terhadap Derajat Kejenuhan Pada Simpang Jalan Pajajaran dan Jalan Pasirkaliki*”. Pertumbuhan volume lalu lintas jalan khususnya kota Bandung terus meningkat akibat dari pertumbuhan penduduk. Hal ini disebabkan perkembangan daerah ini mengalami kemacetan. Untuk mengatasi kemacetan tersebut diperlukannya rekayasa lalu lintas. Penerapan ini bertujuan menganalisis model hubungan antara kondisi geometrik, data volume kendaraan, data fase dan sinyal, dan data jumlah penduduk. Survey data tersebut menggunakan metode MKJI (1997). Hasil menunjukkan bahwa nilai derajat kejenuhan pada kondisi eksisting pada pendekat selatan, utara, dan barat masing-masing adalah 1.59, 1.97, dan 1.78, mengalami penurunan, yaitu pendekat selatan adalah 0.41, pendekat utara adalah 0.81, dan 0.53, pendekat barat adalah 1.01, dan 0.41. Maka, dengan pemberlakuan rekayasa lalu lintas pada simpang jalan Pajajaran dan jalan Pasirkaliki memberikan pengaruh yang cukup baik untuk menurunkan nilai derajat kejenuhan.

Novriyadi Rorong (2015), melakukan penelitian tentang “*Analisis Kinerja Simpang Tidak Bersinyal Di Ruas Jalan S. Parman dan Jalan Di.Panjaitan*”. Persimpangan adalah bagian dari ruas jalan dimana arus dari berbagai arah atau jurusan bertemu. Itulah sebabnya di persimpangan terjadi konflik antara arus dari jurusan yang berlawanan dan saling memotong, sehingga mengakibatkan terjadinya kemacetan di sepanjang lengan simpang. Pada simpang tak bersinyal di jl. S. Parman-jl. DI. Panjaitan terjadi kemacetan yang disebabkan oleh hambatan samping, tingginya populasi kendaraan yang tidak tidak diimbangi dengan ketersediaan infrastruktur (prasarana) jalan yang memadai. Sehingga penelitian bertujuan untuk menganalisa kinerja simpang empat lengan tak bersinyal tersebut berdasarkan MKJI (1997) dan menganalisa persimpangan untuk meningkatkan kinerja simpang empat lengan tak bersinyal tersebut.

Analisis hasil penelitian menunjukkan kinerja simpang untuk kondisi simpang tak bersinyal pada keadaan eksisting dengan adanya parkir di sisi jalan yang mengurangi lebar efektif, didapat jumlah arus total 2050 smp/jam, kapasitas (C) = 2140 smp/jam dan derajat kejenuhan (DS) = 0,958. Melebihi batas kejenuhan

yang disarankan oleh MKJI yaitu $> 0,75$ dan $0,803$ pada alternatif pelarangan parkir nilainya $> 0,75$ pada kondisi belum ada jalan alternatif yang lain dimana boulevard dua jembatan soekarno. Karena itu perlu ditinjau kembali simpang empat lengan di ruas jl. S. Parman-DI. Panjaitan setelah dibukanya jalan boulevard dua dan jembatan soekarno. Pada simpang empat lengan di ruas jl. S. Parman-DI. Panjaitan perlu direncanakan gedung parkir/ lahan parkir karena lokasi tersebut adalah lokasi pertokoan.

Margareth E. Bolla (2015), melakukan penelitian tentang "*Kajian Penerapan Rekayasa Lalu Lintas Sistem Satu Arah Pada Simpang Tiga Straat A Kota Kupang*". Hasil penelitian simpang tiga bersinyal Straat A kupang disimpulkan bahwa kondisi kinerja simpang berada pada tingkat pelayanan F. Untuk mengatasi masalah tersebut maka pada penelitian ini dilakukan rekayasa lalu lintas berupa penerapan sistem lalu lintas satu arah pada simpul simpang tiga straat A tersebut, yang meliputi ruas jalan A. Yani, Jalan Flores dan jalan Sumba. Pengolahan dan analisa data menggunakan MKJI (1997). Hasil penelitian menunjukkan kinerja simpang tiga Straat A dengan penerapan sistem lalu lintas satu arah dikategorikan dalam tingkat pelayanan B yaitu harus stabil, kepadatan rendah, pengemudi masih cukup kebebasan memiliki kecepatan. Kinerja lalu lintas pada ruas jalan yang dipengaruhi adalah ruas jalan A. Yani dengan volume kendaraan maksimum jam puncak 1.646 smp/jam, hambatan samping tergolong sedang, kecepatan aktual 48 km/jam, derajat kejenuhan 0,48 dan tingkat pelayanan C. Pada arus jl. Sumba, volume kendaraan maksimum jam puncak 1.509 smp/jam, hambatan samping tergolong sedang, kecepatan aktual 50 km/jam, derajat kejenuhan 0,48 dan tingkat pelayanan C. Ruas jl. Flores volume kendaraan maksimum jam puncaknya adalah 1.342,9 km/jam, hambatan samping sedang, kecepatan aktual 44 km/jam, derajat kejenuhan 0,48 serta pelayanan C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem lalu lintas satu arah pada simpang tiga Straat A layak dilakukan.

Pandu Abraham Saleh (2015), melakukan penelitian tentang "*Analisis dan Alternatif Solusi Lalu Lintas Di Bundaran Jalan Teuku Umar Denpasar*". Pertumbuhan volume lalu lintas jalan terus meningkat khususnya di wilayah kota

Denpasar. Hal ini membuat kemacetan di kota Denpasar pada jam-jam sibuk terutama pada bundaran Teuku Umar. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi dan mencari solusi terhadap kemacetan di bundaran Teuku Umar. Dalam kasus ini dicoba dicari solusi dengan rekayasa lalu lintas dan pembangunan underpass di bundaran Teuku Umar. Pengumpulan data dilakukan dengan cara survey langsung pada keenam pendekatan dikaki bundaran waktu pada waktu puncak pagi, siang, dan sore hari. Adapun data yang diambil adalah jumlah kendaraan yang melewati pendekatan yang masuk bundaran keluar bundaran. Analisis kinerja bundaran dilakukan dengan menggunakan MKJI (1997). Hasil kinerja bundaran pada kondisi eksisting memiliki nilai tundaan rata-rata 16,98 det/jam pada kondisi skenario 1 dengan rekayasa lalu lintas tundaan rata-rata bundaran turun menjadi 8,07 det/jam tapi memiliki konsekuensi penambahan jumlah kendaraan pada ruas jalan Teuku Umar, jl. Teuku Umar Barat, jl. Imam Bonjol dan jl. Diponegoro dimana derajat kejenuhan sebelum di rekayasa lalu lintas 0,43, 0,21, 0,55, 0,64 dan sesudah di rekayasa lalu lintas naik menjadi 0,58, 0,24, 0,66, 0,80. Pada skenario 2 (Pembangunan underpass) nilai tundaan rata-rata bundaran turun menjadi 4,53 det/jam dan nilai ini lebih kecil dibandingkan skenario 1 (rekayasa lalu lintas). Dalam mengatasi kemacetan di bundaran Teuku Umar direkomendasikan skenario 2 yaitu pembangunan underpass. Pembangunan underpass dapat terealisasi bila pembebasan lahan lahan di sekitar dipersiapkan secara baik.

Ali Alhadar (2011), melakukan penelitian tentang “*Analisis Kinerja Jalan Dalam Upaya Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas Pada Ruas Simpang Bersinyal Di kota Palu*”. Kemacetan lalu lintas terjadi akibat lalu lintas hampir mendekati kapasitas jalan, dimana tingkat pelayanan dapat dilihat dari nilai derajat kejenuhan, yaitu $DS = V/C$. Idealnya nilai $V/C \leq 0,75$. Dari hasil pengamatan visual penulis, di kota palu sudah sering terjadi kemacetan lalu lintas terutama pada jam puncak pada ruas-ruas jalan tertentu. Salah satu penyebabnya adalah pertumbuhan kendaraan yang tinggi tidak diimbangi oleh pertumbuhan prasarana jalan. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kinerja jalan antara dua simpang

bersinyal dalam kota palu sehingga dapat diketahui penyebab dan menemukan solusi kemacetan lalu lintas.

2.3 Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian ini berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang mempunyai karakteristik yang hampir sama dalam hal teori, meskipun berbeda dalam jumlah dan ukuran kota penelitian atau analisis yang digunakan. Penelitian yang dilakukan mengenai Optimalisasi Persimpangan Simpang Tak Bersinyal Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara. Penelitian terkait memiliki kesamaan salah satunya dengan Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan Raya Dramaga-Babulak Bogor, Jawa Barat (Novi Listiani, 2019), penelitian ini menyimpulkan bahwa kondisi terbaik alternatif yang diterapkan adalah alternatif I, diperoleh nilai derajat kejenuhan 0,76 dengan tingkat pelayanan B.

Kesamaan penelitian yang dilakukan (Novriyadi Rorong, 2015) dengan penelitian yang peneliti lakukan adalah sama menghitung kinerja simpang tak bersinyal berdasarkan panduan MKJI 1997, sedangkan perbedaannya yaitu lokasi penelitian yang berada di kawasan pusat perbelanjaan dan pasar. (Novriyadi Rorong, 2015) melakukan penelitian yang berlokasi di kawasan pertokoan. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa perlu dilakukan perencanaan untuk gedung parkir/ lahan parkir.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya peneliti dapat menyimpulkan bahwa solusi untuk mengurangi kemacetan pada persimpangan adalah menerapkan rekayasa lalu lintas. Dimana, dengan penerapan rekayasa lalu lintas tersebut dapat menghasilkan kapasitas yang lebih tinggi, derajat kejenuhan yang lebih rendah, serta antrian tundaan yang semakin kecil.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan

Berdasarkan MKJI 1997, persimpangan adalah pertemuan dua jalan atau lebih yang bersilangan. Secara umum simpang terdiri dari simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal. Simpang bersinyal adalah simpang yang memiliki rambu lalu lintas sebagai pengatur simpang (*traffic light*), sedangkan simpang tak bersinyal adalah simpang yang tidak memiliki rambu lalu lintas sebagai pengatur simpang (*traffic light*).

Selain pengertian persimpangan menurut MKJI 1997 diatas, peneliti juga mendapatkan pengertian persimpangan menurut pendapat yang lain, seperti:

1. Persimpangan tanpa lalu lintas adalah bagian terbesar persilangan sebidang (maksudnya terletak dalam suatu dataran dan bukan simpang susun) yang terletak pada seberang sistem jalan. (C. Jotin Khisty-B. Kent Lall, Dasar-Dasar Rekayasa Lalu Lintas Transportasi jilid 2, halaman 52 s/d 66).
2. Persimpangan merupakan daerah dimana atau lebih ruas jalan bertemu atau bersilangan. Persimpangan dapat bervariasi dari persimpangan sederhana yang terdiri dari pertemuan dan dua ruas jalan sampai persimpangan kompleks yang terdiri dari pertemuan beberapa ruas jalan (Prasetyanto,2013).
3. Persimpangan jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat, dimana arus kendaraan dari berbagai pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan simpang (Hoobs, 1995).

Menurut (Khisty) 2003, Persimpangan dibuat dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik di antara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan.

Berikut ini adalah empat elemen dasar yang umumnya dipertimbangkan dalam merancang persimpangan sebidang.

1. Faktor manusia, seperti kebiasaan mengemudi dan waktu pengambilan keputusan (waktu reaksi)
2. Pertimbangan lalu lintas, seperti kapasitas dan pergerakan membelok, kecepatan kendaraan dan ukuran serta penyebaran kendaraan.
3. Elemen-elemen fisik, seperti karakteristik dan penggunaan dua fasilitas yang saling berdampingan, jarak pandang dan fitur-fitur geometris.
4. Faktor ekonomi, seperti biaya, manfaat dan konsumsi energi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada persimpangan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), yaitu:

1. Volume dan kapasitas, dimana secara langsung mempengaruhi hambatan.
2. Desain geometrik dan kebebasan pandangan.
3. Kecepatan, lampu jalan, kecelakaan dan keselamatan jalan.
4. Parkir, akses dan bangunan yang sifatnya umum.
5. Jarak antar persimpangan.

3.1.1 Prinsip Dasar Persimpangan

Pada sistem transportasi darat pasti terdapat persimpangan dimana banyak problem yang terjadi karena gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan (konflik). Konflik-konflik ini cenderung mengakibatkan penurunan kapasitas dan tingkat keamanan bagi pemakai jalan. Penggunaan sinyal lalu lintas di persimpangan diharapkan dapat meningkatkan kapasitas, keamanan dan memperkecil tundaan yang terjadi akibat adanya konflik-konflik persimpangan, baik konflik utama (arus lalu lintas yang saling berpotongan) maupun konflik sekunder (arus lalu lintas membelok dari arus melawan atau dari pejalan kaki yang menyeberang).

3.1.2 Jenis-Jenis Persimpangan

Menurut (Hoobs, 1995) sistem transportasi dikenal tiga jenis persimpangan di jalan, yaitu:

- a. Persimpangan sebidang (*at grade intersection*), merupakan persimpangan jalan dimana berbagai jalan atau ujung jalan yang masuk persimpangan,

mengarahkan lalu lintas untuk masuk ke jalur yang berlawanan dengan lalu lintas lainnya, seperti misalnya persimpangan pada jalan-jalan kota.

- b. Persimpangan tidak sebidang (*interchange*), merupakan persimpangan dimana jalan-jalan raya yang menuju ke persimpangan tersebut ditempatkan pada ketinggian yang berbeda.



Gambar 3.1 Pertemuan tidak sebidang (Khisty, C.J.,B.Kent Lall 1998)

- c. Persilangan jalan (*grade separation without ramps*), merupakan dua jalan yang saling bersilangan satu sama lainnya, dimana kedua jalan tersebut tidak saling bertemu dalam sebidang. Dengan demikian persilangan jalan, arus lalu lintas dari jalan yang satu tidak ada kesempatan/ tidak dapat berpindah atau membelok ke jalan yang lain karena memang tidak ada jalan yang menghubungkannya (*ramps*).

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), tipe simpang berdasarkan jumlah lengan terdiri dari simpang 3 lengan dan 4 lengan.



Gambar 3.2 Tipe Lengan (MKJI,1997)

3.1.3 Kinerja Persimpangan

Kinerja merupakan sesuatu yang didapat atau pergerakan system, menurut Departemen Pendidikan dan Kebudayaan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (1995).

Meningkatkan kinerja simpang pada seluruh jenis persimpangan dari segi keselamatan dan efisiensi adalah dengan melakukan pelaksanaan dalam pengendalian persimpangan, menurut Abubakar, dkk (1995).

Untuk mengevaluasi kinerja suatu persimpangan, secara umum dapat dilihat dari beberapa parameter, menurut Mc Shane dan Roess (1990) sebagai berikut:

1. Tundaan (*delay*)
2. Jumlah berhenti (*number of stop*)
3. Panjang antrian (*queue length*)

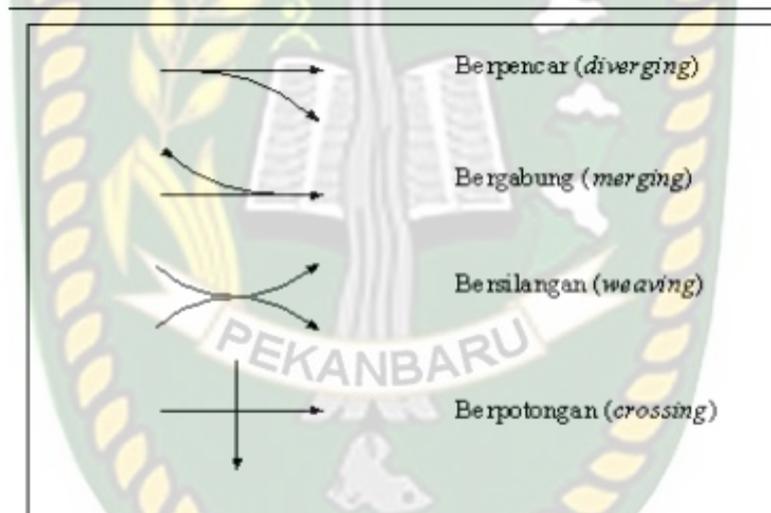
Setiap parameter tersebut menggambarkan total waktu pada saat memasuki suatu pendekat pada suatu persimpangan. Ukuran lain juga sering digunakan untuk menentukan karakteristik suatu persimpangan adalah total waktu perjalanan (*total travel time*).

3.1.4 Gerakan Lalu lintas Pada persimpangan

Pada umumnya terdapat empat macam pola dasar pergerakan lalu lintas kendaraan berpotensi menimbulkan konflik, yaitu: Berpencar (*diverging*), Bergabung (*merging*), Bersilang (*weaving*) dan Berpotongan (*crossing*) (Harianto, 2004).

- a. Berpencar (*diverging*) merupakan peristiwa memisahkannya kendaraan dari suatu arus yang sama ke jalur yang lain. Menurut Bina Marga (1992) berpencar (*diverging*) adalah penyebaran arus kendaraan dari satu jalur lalu lintas ke beberapa arah.
- b. Bergabung (*merging*) merupakan peristiwa menggabungkan kendaraan dari suatu jalur ke jalur yang sama. Menurut Bina Marga (1992) Bergabung (*merging*) adalah menyatukan arus kendaraan dari beberapa jalur lalu lintas ke satu arah.

- c. Bersilang (*weaving*) merupakan Pertemuan dua arus lalu lintas atau lebih yang berjalan menurut arah yang sama sepanjang suatu lintasan di jalan raya tanpa batuan rambu lalu lintas. Gerakan ini sering terjadi pada suatu kendaraan yang berpindah dari suatu jalur ke jalur lain misalnya, pada saat kendaraan masuk ke suatu jalan raya dari jalan masuk, kemudian bergerak ke jalur lainnya akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan tersebut.
- d. Berpotongan (*crossing*) merupakan peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur yang lain pada persimpangan tersebut. Menurut Bina Marga (1992) Berpotongan (*crossing*) adalah berpotongannya dua buah jalur lalu lintas secara tegak lurus.



Gambar 3.3 Gambar alih gerak kendaraan (Khisty, C.J.,B.Kent Lall 1998)

3.2 Optimalisasi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), bahwa optimalisasi berasal dari kata optimal artinya terbaik atau tertinggi. Kata optimal dipakai tanpa harus mencapai batas akhir, melainkan batas akhir yang tertinggi atau yang terbaik. Sedangkan optimalisasi adalah proses mengoptimalkan sesuatu atau proses menjadikan suatu menjadi paling baik atau paling tinggi. Dalam penelitian ini, parameter optimalisasi yang digunakan adalah derajat kejenuhan, dan tundaan.

3.2.1 Optimalisasi Ruang Jalan

Optimalisasi Ruang Jalan dilakukan dengan berdasarkan UU No. 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan yang dipersiapkan oleh anggota DTKJ Taula P. Manakala peruntukan jalan tersebut terganggu maka akan menimbulkan hambatan terhadap pergerakan lalu lintas atau dengan kata lain terjadi kemacetan lalu lintas, dan berbagai gangguan lalu lintas lainnya termasuk ancaman keselamatan lalu lintas.

Tidak optimalnya fungsi ruang jalan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain kapasitas jalan yang tidak memadai, penggunaan ruang lalu lintas untuk kegiatan diluar lalu lintas, kondisi geometrik jalan yang tidak layak/ tidak standar, pelanggaran terhadap ketentuan lalu lintas sebagaimana diatur dengan rambu jalan, pelanggaran terhadap fungsi jalan, dll.

Berbagai faktor tersebut dapat diidentifikasi dari berbagai perilaku berlalu lintas atau kondisi ruang lalu lintas jalan, antara lain: parkir dibadan jalan, berhenti disembarang tempat baik kendaraan pribadi maupun angkutan umum, penyempitan ruang jalan baik secara geometri (bottle neck) maupun karena pelanggaran fungsi jalan seperti pedagang kaki lima di badan jalan.

Masih ada faktor-faktor lain yang penyebab tidak optimalnya fungsi ruang jalan. UU No. 22 Tahun 2009 dan berbagai peraturan yang lain terkait jalan telah mengatur tentang cara penyelenggaraan dan penggunaan tata ruang jalan. Salah satunya Pasal 28 ayat (1) UU No. 22 Tahun 2009, secara eksplisit menyatakan: setiap orang dilarang melakukan perbuatan yang mengakibatkan kerusakan dan/ atau gangguan fungsi jalan. Namun secara empiris masih banyak ditemui hambatan dan kendala serta persoalan lainnya dalam implementasi berbagai peraturan dan kebijakan tersebut. Beberapa pemikiran yang perlu diimplementasikan agar ruang jalan dapat mempertahankan kapasitas nya antara lain:

1. Regulasi terkait Penyelenggaraan Ruang Jalan
2. Masalah strategis terkait penyelenggaraan Ruang Jalan
3. Upaya Pemerintah Provinsi Sumatera Utara dalam Optimalisasi Fungsi dan Ruang Jalan

4. Pemanfaatan/ Penggunaan Ruang Jalan
5. Peran serta masyarakat.

3.2.2 Optimalisasi Simpang

Optimalisasi sangat diperlukan untuk mengantisipasi terjadinya kemacetan, kecelakaan lalulintas, pencemaran udara, dan transportasi biaya tinggi, terutama pada beberapa simpang yang saling berdekatan. Dalam mengoptimalkan simpang tak bersinyal perlu dilakukan rekayasa lalulintas pada simpang tersebut. Tujuan utama dilakukannya rekayasa lalulintas adalah untuk dapat mengurangi tingkat kemacetan yang terjadi pada simpang tak bersinyal tersebut.

3.3 Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal adalah simpang dengan tiga atau empat lengan tanpa sinyal lalulintas, yang peraturan prioritasnya diberikan kepada kendaraan yang datang dari arah kiri pengemudi.

3.3.1 Arus Lalu Lintas

Arus lalulintas merupakan jumlah pergerakan kendaraan yang melewati suatu ruas jalan dan lingkungannya per satuan waktu. Sketsa situasi lalulintas harus menerangkan gerakan arus lalulintas kend/jam (Q_{Kend}) dan atau smp/jam (Q_{smp}) pada setiap *approach*. Pada setiap lengan dibagai ke dalam setiap pergerakan yaitu belok kiri (Q_{LT}), lurus (Q_{ST}) dan belok kanan (Q_{RT}). Data arus lalulintas terdapat beberapa tipe kendaraan yang dikategorikan menjadi empat jenis, yaitu:

1. Kendaraan Berat (HV), ialah indeks kendaraan bermotor dengan roda empat atau lebih diantaranya bus, truk dua gandar, truk tiga gandar, dan truk kombinasi.
2. Sepeda Motor (MC), ialah kendaraan beroda dua atau tiga.
3. Kendaraan Ringan (LV), ialah kendaraan bermotor dengan roda 4 (empat) diantaranya mobil penumpang, oplet, bus mikro, pick up, colt jeep, dan mikrolet.

4. Kendaraan Tak Bermotor (UM), ialah kendaraan dengan roda dua yang menggunakan tenaga manusia atau hewan yang meliputi sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong.

Pada setiap gerakan lalu lintas dikonversi dari kendaraan per jam (kend/jam) menjadi satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan. Nilai ekivalen kendaraan penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Nilai Ekivalensi Mobil Penumpang Simpang Tak Bersinyal

Jenis Kendaraan	Nilai EMP
Kendaraan Ringan (LV)	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,5

(Sumber: (MKJI, 1997))

3.3.2 Kapasitas

Kapasitas jalan merupakan jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu jalan dan jalur selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (MKJI 1997).

Kapasitas jalan menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI ,2014) adalah arus lalu lintas maksimum yang masuk ke simpang yang dapat dipertahankan selama waktu paling sedikit 1 jam dalam kondisi cuaca dan geometrik yang ada pada saat itu dalam satuan (skr/jam).

Perhitungan kapasitas suatu ruas jalan perkotaan (MKJI 1997) sebagai berikut:

$$C = C_o \times F_w \times F_M \times F_{cs} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \quad (3.1)$$

Dimana:

C = Kapasitas ruas jalan (smp/jam)

C_o = Kapasitas dasar (smp/jam)

F_w = Faktor penyesuaian lebar pendekatan

- F_M = Faktor penyesuaian median jalan utama
 F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota
 F_{RSU} = Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan
 F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri
 F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan
 F_{MI} = Faktor penyesuaian jalan minor

1. Kapasitas Dasar (C_0)

Penentuan kapasitas dasar (C_0) jalan ditentukan berdasarkan tipe jalan dan jumlah jalur, terbagi atau tidak terbagi, seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kapasitas Dasar (C_0)

No	Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (C_0) (smp/jam)	Keterangan
1	Empat jalur terbagi	1650	Perlajur
2	Empat lajur tidak terbagi (4/2 UD)	1500	Perlajur
3	Dua lajur tidak terbagi (2/2 UD)	2900	Total untuk dua arah

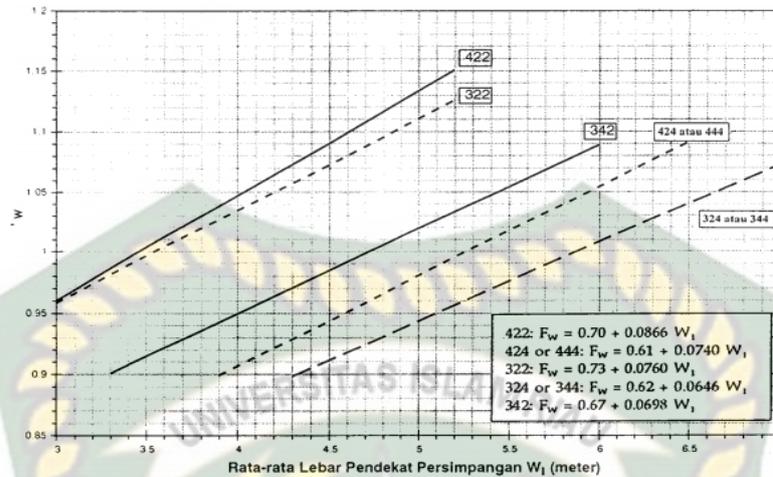
(Sumber: (MKJI 1997))

2. Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w)

Faktor penyesuaian lebar pendekat (F_w) dihitung berdasarkan tipe simpang dengan menggunakan persamaan 3.2 :

$$422 ; F_w = 0,70 + 0,0866 W_1 \quad (3.2)$$

Bila nilai W_1 dimasukkan nilainya di antara 3 sampai 7, maka diperoleh data dalam Gambar grafik 3.4.



Gambar 3.4 Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w) (MKJI,1997)

3. Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (F_M)

Pertimbangan teknik lalu lintas diperlukan untuk menentukan faktor median. Median disebut lebar jika kendaraan ringan standar dapat berlindung pada daerah median tanpa mengganggu arus berangkat pada jalan utama. Hal ini mungkin terjadi jika lebar median 3m atau lebih. Pada beberapa keadaan, misalnya jika pendekat jalan utama lebar, hal ini mungkin terjadi jika median lebih sempit.

Faktor penyesuaian median jalan utama diperoleh dengan menggunakan tabel 3.3.

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama

Uraian	Tipe M	Faktor penyesuaian Median (F_M)
Tidak Median Jalan Utama	Tidak ada	1,00
Ada Median Jalan Utama, Lebar < 3 m	Sempit	1,05
Ada Median Jalan Utama, Lebar \geq 3 m	Lebar	1,20

(Sumber: (MKJI,1997))

4. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari tabel 3.4 dibawah ini:

Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Ukuran Kota (CS)	Jumlah Penduduk (Juta)	Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})
Sangat Kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1-0,5	0,88
Sedang	0,5-1,0	0,94
Besar	1,0-3,0	1,00
Sangat Besar	> 3,0	1,05

(Sumber: (MKJI,1997))

5. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU})

Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas dari aktivitas samping segmen jalan, seperti pejalan kaki (bobot = 0,5), kendaraan umum/kendaraan lain berhenti (bobot = 1,0), kendaraan masuk/keluar sisi jalan (bobot = 0,7) dan kendaraan lambat (bobot = 0,4) (MKJI 1997).

Tabel 3.5 Klasifikasi Hambatan Samping

Frekuensi Bobot kejadian 200m/ jam (dua arah)	Kondisi Khusus	Kelas Hambatan Samping	Kode
< 100	Daerah permukiman: Jalan dengan jalan samping	Sangat rendah	VL
100-299	Daerah permukiman: beberapa kendaraan umum, dsb.	Rendah	L
300-499	Daerah industri, beberapa toko di sisi jalan	Sedang	M

Tabel 3.5 Lanjutan

500-899	Daerah komersial, aktivitas jalan tinggi	Tinggi	H
>900	Daerah komersial, dengan aktivitas pasar di jalan	Sangat Tinggi	HV

(Sumber: (MKJI,1997))

Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU}), dihitung menggunakan Tabel 3.6 dibawah ini:

Tabel 3.6 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU})

Kelas Tipe Lingkungan Jalan (RE)	Kelas Hambatan Samping (SF)	Rasio Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU})					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses Terbatas	Tinggi/Sedang/Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

(Sumber: (MKJI,1997))

6. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

Faktor penyesuaian belok kiri merupakan persentase seluruh gerakan lalu lintas yang belok kiri pada persimpangan. Dapat ditentukan menggunakan persamaan 3.3 berikut.

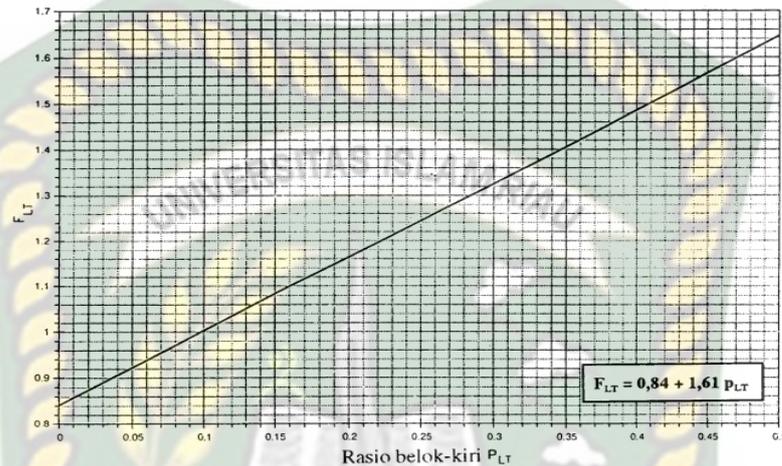
$$F_{LT} = 0,84 + 1,61 P_{LT} \quad (3.3)$$

Dimana:

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

P_{LT} = Rasio kendaraan belok kiri (Q_{LT} / Q_{TOT})

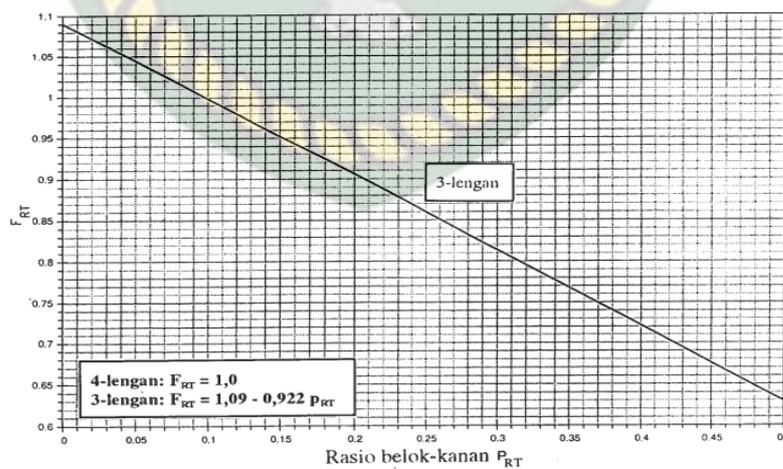
Faktor belok kiri dapat koreksi menggunakan Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Faktor Penyesuaian Belok-Kiri (F_{LT}) (MKJI,1997))

7. Faktor Penyesuaian Belok-Kanan (F_{RT})

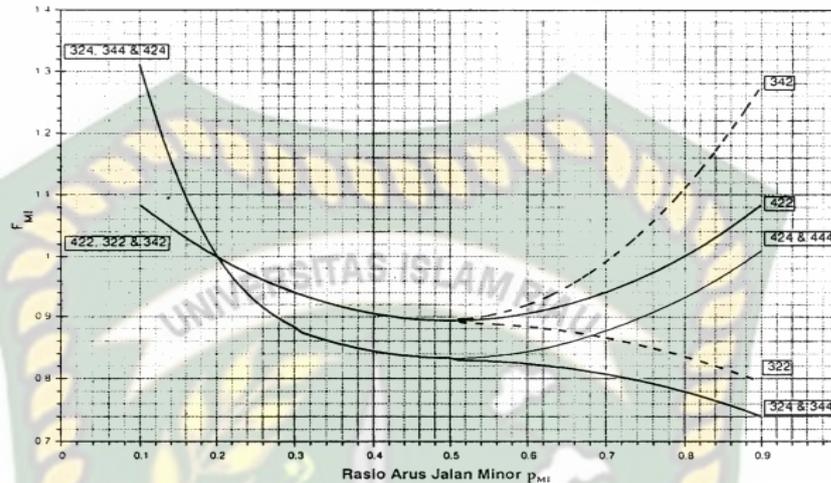
Faktor koreksi belok kanan ini ialah koreksi dari prosentase seluruh gerakan lalu lintas yang belok kanan pada persimpangan. Faktor ini dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Faktor Penyesuaian Belok-Kanan (F_{RT}) (MKJI,1997))

8. Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor (F_{MI})

Faktor penyesuaian arus jalan minor ditentukan dari gambar 3.7 dibawah.



Gambar 3.7 Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor (F_{MI}) (MKJI,1997))

Tabel 3.7 Faktor Penyesuaian Arus Jalan Minor (P_{MI})

IT	F_{MI}	P_{MI}
422	$1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$	0,1-0,9
424	$16,6 \times p_{MI}^4 - 33,3 \times p_{MI}^3 + 25,3 \times p_{MI}^2 - 8,6 \times p_{MI} + 1,95$	0,1 -0,3
444	$1,11 \times p_{MI}^2 - 1,11 \times p_{MI} + 1,11$	0,3-0,9
322	$1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$	0,1-0,5
	$-0,595 \times p_{MI}^2 + 0,595 \times p_{MI}^3 + 0,74$	0,5-0,9
342	$1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$	0,1 -0,5
	$2,38 \times p_{MI}^2 - 2,38 \times p_{MI} + 1,49$	0,5-0,9
324	$16,6 \times p_{MI}^4 - 33,3 \times p_{MI}^3 + 25,3 \times p_{MI}^2 - 8,6 \times p_{MI} + 1,95$	0,1-0,3
344	$1,11 \times p_{MI}^2 - 1,11 \times p_{MI} + 1,11$	0,3-0,5
	$-0,555 \times p_{MI}^2 + 0,555 \times p_{MI} + 0,69$	0,5-0,9

(Sumber: (MKJI,1997))

Dimana:

P_{MI} = Rasio arus jalan minor terhadap arus total

3.3.3 Perilaku Lalu Lintas

Perilaku Lalu Lintas ialah nilai kuantitatif dari kondisi operasional fasilitas lalu lintas di jalan untuk mempersatukan layanan terhadap sistem lalu lintas jalan

tersebut. Perilaku lalu lintas pada umumnya dinyatakan dalam kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian.

1. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan merupakan rasio lalulintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang (PKJI, 2014).

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus lalulintas terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak (MKJI 1997).

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas dinyatakan dalam smp/jam. Besarnya derajat kejenuhan secara teoritis tidak bisa lebih nilainya dari 1 (satu), yang artinya apabila nilai tersebut mendekati 1 (satu) maka kondisi lalu lintas sudah mendekati jenuh, dan secara visual atau secara langsung bisa dilihat di lapangan kondisi lalu lintas yang terjadi mendekati padat dengan kecepatan rendah (Kayori,2013). Derajat kejenuhan dapat ditentukan dengan persamaan 3.4 berikut:

$$DS = \frac{Q}{C} \quad (3.4)$$

Dimana:

DS = Derajat Kejenuhan

Q = Arus maksimum (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

2. Tundaan

Tundaan ialah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang. (MKJI 1997)

Tundaan di persimpangan adalah total waktu hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan sewaktu melewati simpang. Nilai tundaan mempengaruhi nilai waktu tempuh kendaraan. Semakin tinggi nilai tundaan, semakin tinggi pula waktu tempuh. (MKJI,1997). Tundaan terdiri sebagai berikut:

a. Tundaan lalu lintas simpang (DT_I)

Tundaan lalulintas simpang ialah tundaan lalulintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang (MKJI,1997). Tundaan lalulintas simpang (DT_I) dapat ditentukan dapat ditentukan menggunakan persamaan 3.5 dan 3.6 berikut.

untuk $DS \leq 0,6$

$$DT = 2 + 8,2078 x DS) - (1 - DS)x2; \quad (3.5)$$

untuk $DS > 0,6$

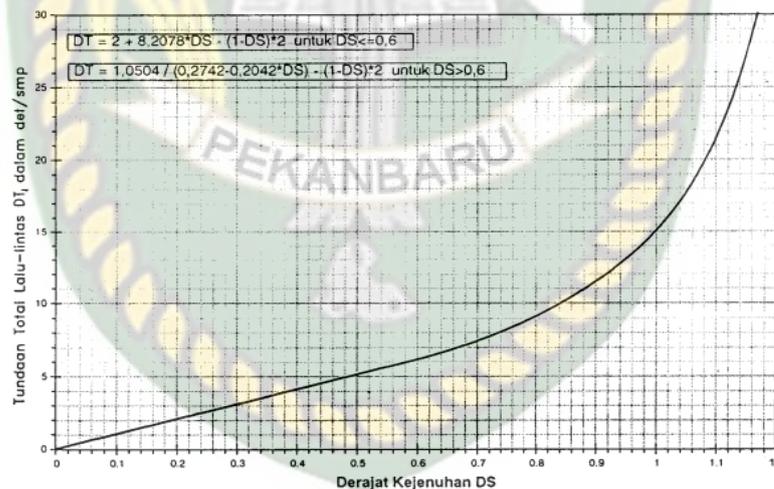
$$DT = 1,0504/(0,2742 - 0,2042xDS) - (1 - DS)x2; \quad (3.6)$$

Dimana:

DT_I = Tundaan lalulintas simpang (det/smp)

DS = Derajat Kejenuhan

Tundaan lalulintas dapat dikoreksi menggunakan Gambar 3.8 berikut



Gambar 3.8 Tundaan Lalulintas Simpang-Derajat Kejenuhan (MKJI, 1997)

b. Tundaan lalulintas jalan utama (DT_{MA})

Tundaan lalulintas jalan utama ialah tundaan lalulintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama (MKJI,1997). DT_{MA} ditentukan menggunakan persamaan 3.7 dan 3.8 berikut.

untuk $DS \leq 0,6$

$$DT = 1,8 + 5,8234 x DS) - (1 - DS)x 1,8 ; \quad (3.7)$$

untuk $DS > 0,6$

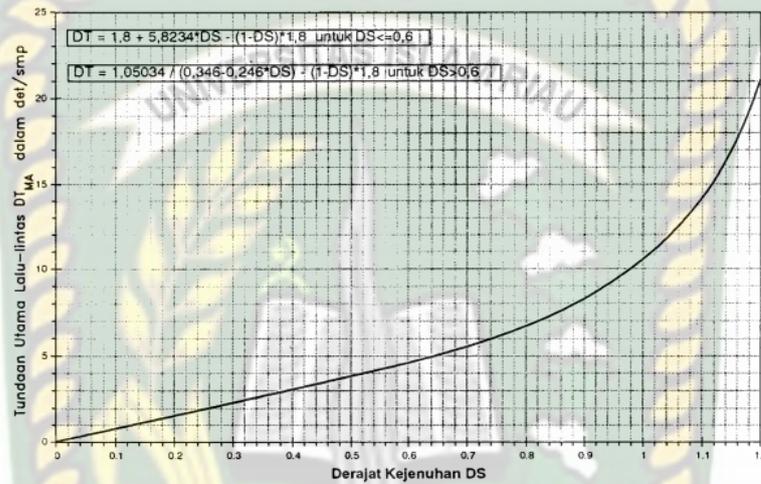
$$DT = 1,0534 / (0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8; \quad (3.8)$$

Dimana:

DT_{MA} = Tundaan lalulintas simpang (det/smp)

DS = Derajat Kejenuhan

Tundaan lalulintas jalan utama dapat dikoreksi menggunakan Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Tundaan Lalulintas Jalan Utama-Derajat Kejenuhan (MKJI, 1997)

c. Tundaan lalulintas jalan minor (DT_{MI})

Tundaan lalulintas jalan minor rata, ditentukan berdasarkan tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata. Tundaan lalulintas jalan minor dihitung dengan persamaan 3.9 berikut.

$$DT_{MI} = (Q_{tot} \times DT_1 - Q_{MA} \times DT_{MA}) / Q_{MI} \quad (3.9)$$

Dimana:

DT_{MI} = Tundaan lalulintas jalan minor (det/smp)

Q_{tot} = Arus total pada simpangan (smp/jam)

DT_1 = Tundaan lalulintas simpang (det/smp)

Q_{MA} = Arus lalulintas total pada jalan mayor (smp/jam)

DT_{MA} = Tundaan lalulintas pada jalan utama (det/smp)

Q_{MI} = Arus lalulintas total pada jalan minor (smp/jam)

d. Tundaan geometrik simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang ialah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang, DG dihitung menggunakan persamaan 3.10 dan 3.11 berikut:

$$DS < 1,0$$

$$DG = (1-DS) \times (\rho_T \times 6 + (1- \rho_T) \times 3) + DS \times 4 \quad (3.10)$$

$$DS \geq 1,0$$

$$DG = 4 \quad (3.11)$$

Dimana:

DG = Tundaan geometrik simpang

DS = Derajat kejenuhan

6 = Tundaan geometrik normal untuk kendaraan belok yang tak terganggu (det/smp)

4 = Tundaan geometrik normal untuk kendaraan yang terganggu (det/smp)

ρ_T = Rasio arus belok terhadap arus total

e. Tundaan simpang (D)

Tundaan simpang dihitung menggunakan persamaan 3.12 berikut:

$$D_m = DG + DT_1 \text{ (det/smp)} \quad (3.12)$$

Dimana:

DG = Tundaan geometrik simpang (det/smp)

DT_1 = Tundaan lalulintas simpang

f. Peluang Antrian

Antrian kendaran seringkali dijumpai dalam suatu simpang pada jalan dengan kondisi tertentu misalnya pada jam-jam sibuk, hari libur atau akhir pekan. Peluang antrian adalah peluang terjadinya antrian yang mengantri sepanjang pendekat (PKJI, 2014).

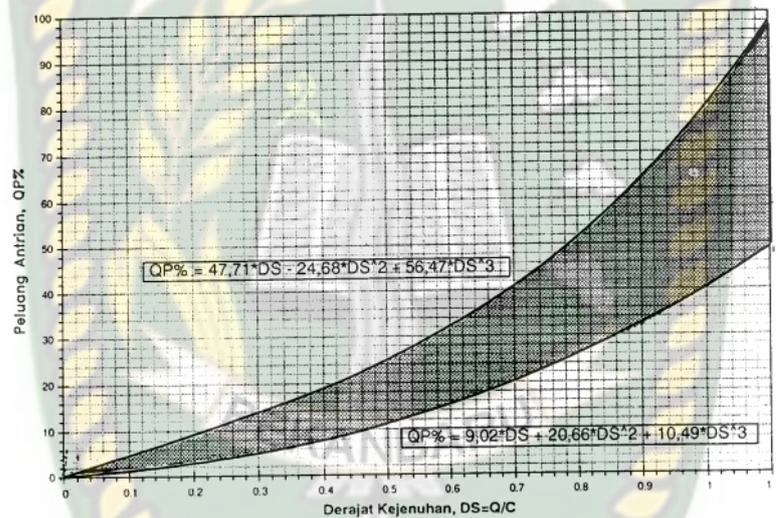
Peluang antrian sering dinyatakan pada range nilai yang dapat dari kurva hubungan antara peluang antrian dengan lebih dari dua kendaraan di daerah pendekat yang mana saja, pada simpang tak bersinyal.

Rentang nilai peluang antrian ditentukan dari hubungan empiris antara peluang antrian dengan derajat kejenuhan. Untuk menghitungnya dapat menggunakan persamaan 3.13 dan 3.14 berikut.

$$QP \% \text{ (Batas bawah)} = 9,02xDs + 20,66xDs^2 + 10,49^3 \quad (3.13)$$

$$QP \% \text{ (Batas atas)} = 47,71xDs - 24,68xDs^2 + 56,47xDs^3 \quad (3.14)$$

Peluang antrian dikoreksi menggunakan Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Rentang Peluang Antrian (QP %) Terhadap Derajat Kejenuhan (DS)
(MKJI, 1997)

3. Tingkat Pelayanan Lalu Lintas

Level Of Service (LOS) atau tingkat pelayanan jalan merupakan indikator yang terdiri dari gabungan beberapa parameter baik secara kuantitatif maupun kumulatif dari suatu ruas jalan.

Menurut Peraturan Menteri Republik Indonesia No PM 96 Tahun 2015 tingkat pelayanan jalan sebagai berikut:

Tabel 3.8 Tingkat Pelayanan Lalu Lintas

Tingkat Pelayanan	% Dari Kecepatan Arus Bebas	Derajat Kejenuhan (DS)
A	90	0,35
B	70	0,54
C	50	0,77
D	40	0,93
E	33	1,00
F	33	1,00

Sumber: PM no 96 Tahun 2015

3.4 Simpang Bersinyal

Munawar (2004) menyatakan jenis simpang banyak dijumpai di daerah perkotaan adalah simpang tak bersinyal. Jenis ini cocok untuk diterapkan apabila arus lalu lintas di jalan minor dan pergerakan membelok relatif kecil. Namun demikian, apabila arus lalu lintas di jalan utama sangat tinggi sehingga resiko kecelakaan bagi pengendara jalan minor meningkat (akibat terlalu berani mengambil gap yang kecil), maka perlu dipertimbangkan adanya lampu lalu lintas.

Simpang bersinyal ialah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*). Berdasarkan MKJI 1997, adapun tujuan penggunaan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*). Pada persimpangan antara lain:

- Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalulintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan dalam kondisi lalulintas dalam jam puncak.
- Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/ atau pejalan kaki dari jalan sampai simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
- Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalulintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang bertentangan.

Dalam perencanaan jumlah fase sinyal dilakukan alternatif untuk evaluasi. Sebagai langkah awal ditentukan kontrol dengan dua fase. Jumlah fase yang baik

adalah fase yang menghasilkan kapasitas besar dan tundaan rata-rata rendah. Pemisahan dengan kontrol belok kanan biasanya akan lebih baik jika kapasitasnya melebihi 200 smp/jam. Hal ini mungkin dikehendaki jika keselamatan lalulintas menjadi pertimbangan. Keadaan ini akan menambah jumlah fase dan waktu antar hijau yang berakibat bertambahnya waktu siklus dan waktu hilang. Walaupun dari segi keselamatan meningkat, biasanya hal ini akan menurunkan kapasitas. Bila arus belok kanan dari satu kaki dan atau arus belok kanan kaki lawan arah terjadi pada fase yang sama, arus ini dinyatakan *opposed*. Sedangkan arus belok kanan yang dipisahkan fasenya dengan arus lurus atau belok kanan yang dipisahkan fasenya dengan arus lalulintas atau belok kanan yang diijinkan, maka arus ini dinyatakan sebagai *protected*.

3.4.1 Arus Lalu Lintas

Data lalu lintas dibagi dalam tipe kendaraan yaitu kendaraan tidak bermotor (UM), sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV). Menurut MKJI (1997), kendaraan tak bermotor dikategorikan sebagai hambatan samping. Untuk perhitungan arus lalu lintas digunakan satuan smp/jam yang dibagi dalam tipe yaitu arus terlindung (*protected traffic flow*), dan arus berlawanan arah (*opposed traffic flow*), yang tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kekanan. Nilai Ekuivalensi kendaraan penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut:

Tabel 3.9 Nilai Ekuivalensi Kendaraan Berat, Kendaraan Ringan, dan Sepeda Motor terhadap satuan mobil penumpang

No	Klasifikasi	Emp untuk tipe pendekat	
		Terlindung	Terlawan
1	<i>Light Vehicle (LV)</i>	1,3	1,3
2	<i>Hight Vehicle (HV)</i>	1,0	1,0
3	<i>Motor Cycle (MC)</i>	0,2	0,4

Sumber: MKJI (1997)

Menghitung arus lalu lintas total Q_{MV} dalam satuan kend/jam dan smp/jam pada masing-masing pendekat untuk kondisi-kondisi arus berangkat terlindung dan terlawan yang sesuai tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan yang diizinkan.

Menghitung untuk masing-masing pendekat rasio kendaraan belok kiri P_{LT} dan rasio belok kanan P_{RT} . Menghitung rasio kendaraan tak bermotor dengan membagi arus kendaraan tak bermotor Q_{UM} kend/jam dengan arus kendaraan bermotor Q_{MV} kend/jam.

$$P_{UM} = Q_{UM} / Q_{MV} \quad (3.15)$$

3.4.2 Penggunaan Sinyal

1. Penentuan Fase Sinyal

Perhitungan dihitung untuk rencana fase sinyal yang lain, maka rencana fase sinyal harus dipilih sebagai alternative permulaan untuk keperluan evaluasi.

Pengaturan dua fase dicoba untuk kejadian dasar, karena sering terjadi menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tundaan rata-rata lebih rendah daripada fase sinyal lain dengan pengaturan fase yang biasa dengan pengaturan fase konvensional.

2. Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

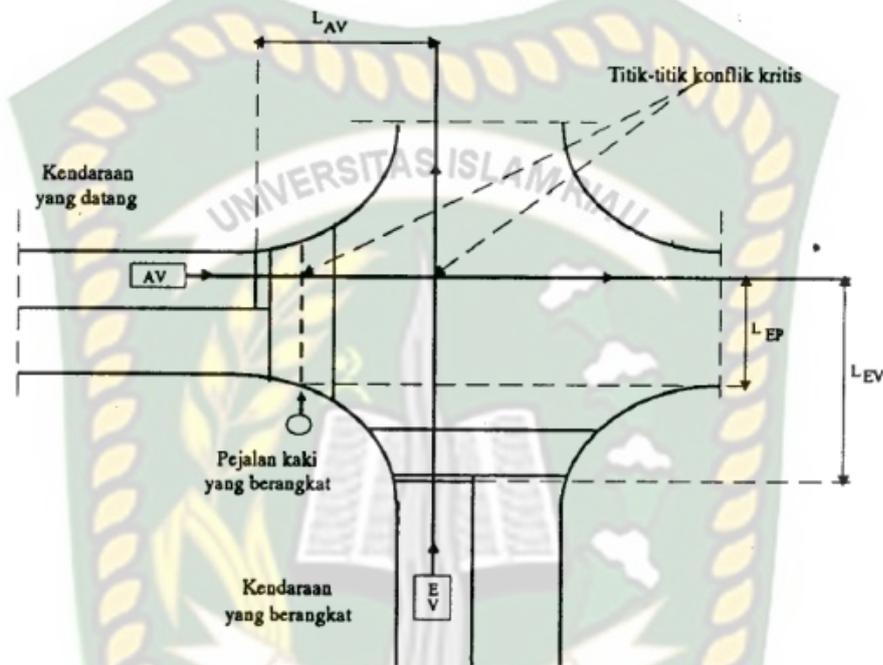
Pada analisa operasional dan perencanaan yang dilakukan untuk keperluan perencanaan waktu antar hijau berikut (kuning + merah semua) dapat dianggap sebagai nilai normal.

Tabel 3.10 Nilai Normal Waktu Antar Hijau

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-rata	Nilia Normal Waktu Antar Hijau
Kecil	6 – 9 m	4 det/ fase
Sedang	10 – 14 m	5 det/ fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 det/ fase

Sumber: MKJI (1997)

Prosedur untuk perhitungan rinci waktu merah semua yang dilakukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase harus memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama dari fase berikutnya pada titik sama.



Gambar 3.11 Titik Konflik Kritis dan Jarak Untuk Keberangkatan dan Kedatangan (MKJI, 1997)

Titik konflik kritis pada masing-masing fase merupakan titik yang menghasilkan waktu merah semua:

$$\text{Merah Semua} = \left[\frac{L_{EV} + L_{ev}}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right] \text{Max} \quad (3.16)$$

Dimana:

L_{EV}, L_{AV} = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

L_{EV} = Panjang kendaraan yang berangkat (m)

V_{EV}, V_{AV} = Kecepatan untuk masing-masing kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

Apabila periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu antar hijau:

$$LTI = \sum (\text{Merah Semua} + \text{Kuning}) = \sum IG \quad (3.17)$$

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3,0 detik.

3.4.3 Penentuan Waktu Sinyal

3.4.3.1 Tipe Pendekat

Memasukkan identifikasi tipe pendekat dari setiap pendekat. Jika gerakan lalu lintas pada suatu pendekat diberangkatkan pada fase yang berbeda, harus dicatat pada baris terpisah dan diperlakukan sebagai pendekat-pendekat terpisah dalam perhitungan selanjutnya. Apabila suatu pendekat mempunyai nyala hijau pada dua fase, dimana pada keadaan tersebut, tipe lajur dapat berbeda untuk masing-masing fase, satu baris sebaiknya digunakan untuk mencatat masing-masing fase dan satu baris tambahan untuk memasukkan hasil gabungan untuk pendekat tersebut.

Untuk tipe kategori terlindung (P) atau terlawan (O) dapat dilihat dari pola-pola tabel berikut:

Tabel 3.11 Penentuan Tipe Pendekat

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola-pola pendekatan		
Terlindung P	Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang T
		Jalan dua arah, gerakan belok kanan terbatas		
		Jalan dua arah, fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah.		
Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas.		

Sumber: MKJI (1997)

3.4.3.2 Lebar Pendekat Efektif

Menentukan lebar efektif (W_e) dari setiap pendekat berdasarkan informasi tentang lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{MASUK}) dan lebar keluar (W_{KELUAR}).

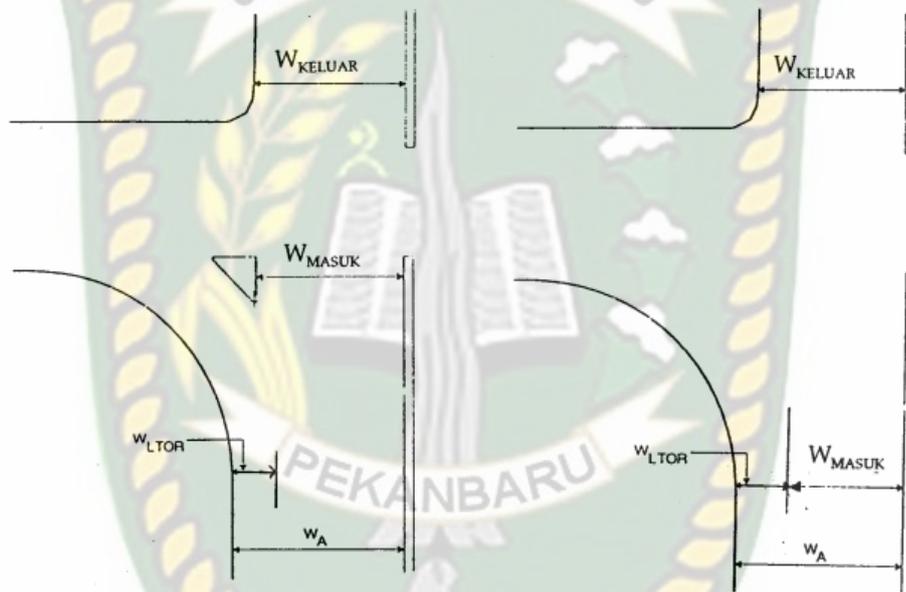
1. Prosedur Untuk Pendekat Tanpa Belok Kiri Langsung (LTOR)

Hanya untuk pendekat tipe P, jika $W_{KELUAR} < W_e (1 - P_{RT} - P_{LTOR})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{KELUAR} dan analisa penentuan

waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lurus saja (yaitu $Q = Q_{ST}$).

2. Prosedur Untuk Pendekat dengan Belok Kiri Langsung (LTOR)

Lebar efektif (W_E) dapat dihitung untuk pendekat dengan pulau lalu lintas, penentuan lebar masuk (W_{MASUK}) sebagaimana pada gambar 3.12, atau pendekat tanpa lalu lintas yang ditunjukkan pada bagian kanan dari gambar. Pada keadaan terakhir $W_{MASUK} = W_A - W_{LTOR}$. Persamaan dibawah ini dapat digunakan untuk kedua keadaan tersebut.



Gambar 3.12 Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas (MKJI, 1997)

A. Jika $W_{LTOR} \geq 2$ m

$$\text{Langkah A.1 : } W_e = \text{Min} \left(\begin{matrix} W_A - W_{LTOR} \\ W_{MASUK} \end{matrix} \right) \quad (3.18)$$

$$\text{Langkah A.2} = W_{KELUAR} < W_e \times (1 - P_{RT})$$

B. Jika $W_{LTOR} < 2$ m

Langkah B.1 : Sertakan Q_{LTOR} pada perhitungan selanjutnya

$$W_e = \text{Min} : \left\{ \begin{array}{l} W_A \\ W_{MASUK} + W_{LTOR} \\ W_A \times (1 + P_{LTOR}) - W_{LTOR} \end{array} \right\} \quad (3.19)$$

Langkah B.2 : Periksa lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P)

Jika $W_{KELUAR} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{LTOR})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{KELUAR} , dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja.

3.4.4 Menentukan Nilai Arus Jenuh Dasar (S_0)

Arus lalu lintas jenuh dasar ialah arus lalu lintas maksimum dapat melewati persimpangan dengan lampu lalu lintas. Untuk menentukan arus jenuh dasar (S_0) dapat menggunakan persamaan 3.20 berikut:

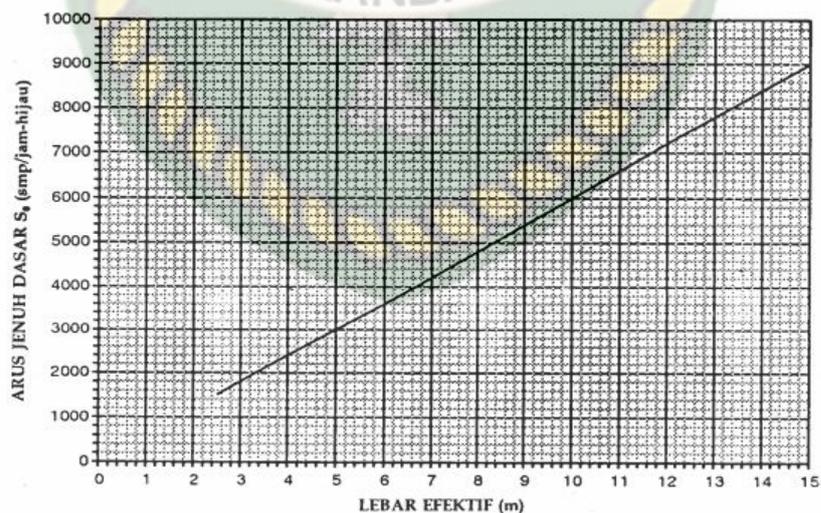
1. Untuk Pendekat Tipe Terlindung (P)

$$S_0 = 600 \times W_e \text{ (smp/jam hijau)} \quad (3.20)$$

Dimana:

S_0 = arus lalu lintas jenuh dasar (smp/jam)

W_e = lebar efektif (m)



Gambar 3.13 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tipe P (MKJI, 1997)

3.4.5 Faktor Penyesuaian

1. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})

Ditentukan dari Tabel 3.12. Sebagai fungsi dari ukuran kota yang tercatat.

Tabel 3.12 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})

Penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{cs})
> 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: MKJI (1997)

2. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Ditentukan dari Tabel 3.13 sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping, dan rasio kendaraan tak bermotor. Jika hambatan samping tidak diketahui, dapat dianggap tinggi agar tidak menilai kapasitas terlalu besar.

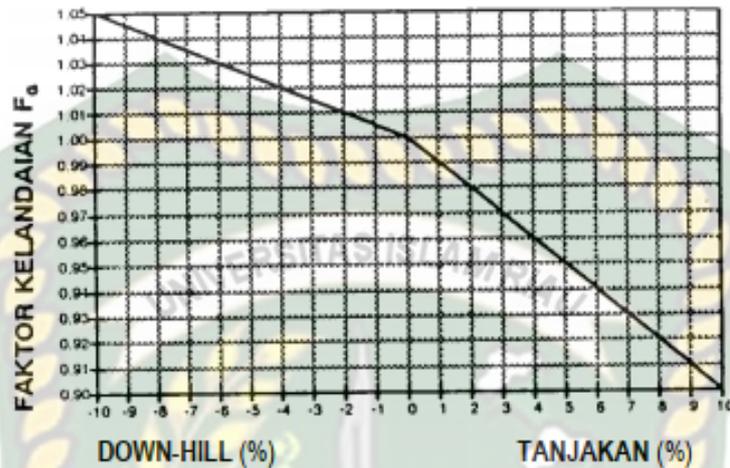
Tabel 3.13 Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{SF})

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
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
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		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: MKJI (1997)

3. Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

Ditentukan dari Gambar 3.14 sebagai fungsi dari kelandaian (GRAD)



Gambar 3.14 Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G) (MKJI, 1997)

4. Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)

Faktor penyesuaian parkir ditentukan dari Gambar 3.15, untuk pengaruh parkir dari lajur belok kiri yang pendek (F_P) sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama dan lebar pendekat W_A .

F_P dapat juga dihitung dari rumus berikut, yang mencakup pengaruh panjang lajur waktu hijau:

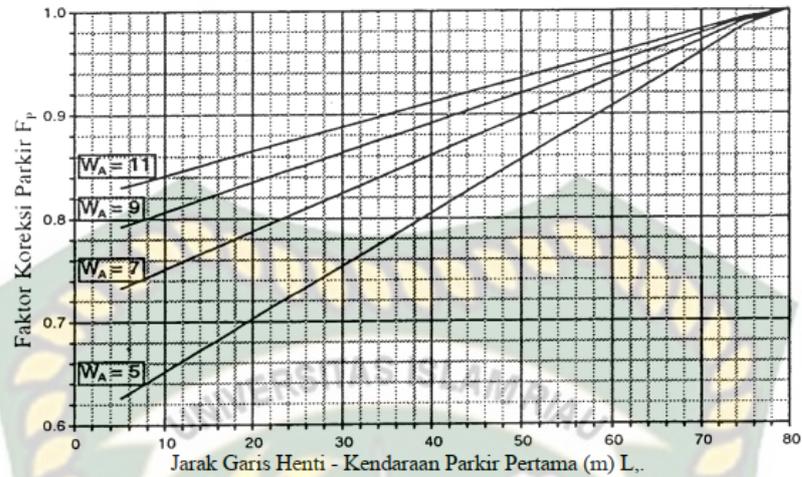
$$F_P = [L_P / 3 - (W_A - 2) \times (L_P / 3 - g) / W_A] / g \quad (3.21)$$

Dimana:

L_P = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama atau panjang dari lajur pendek (m)

W_A = Lebar Pendekat (m)

G = Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 det).



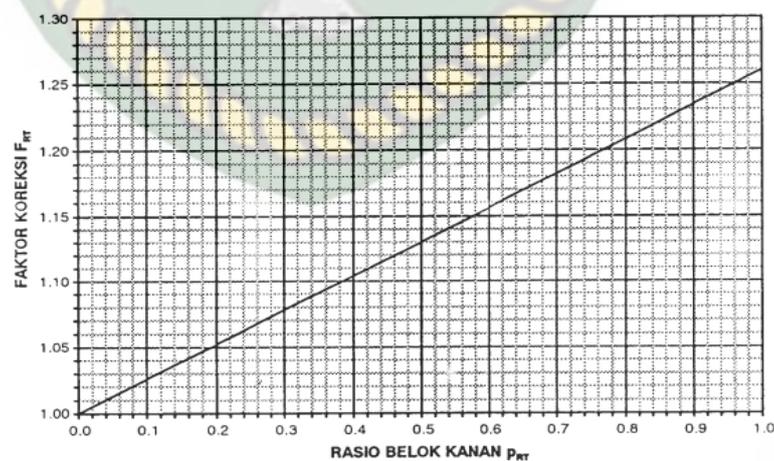
Gambar 3.15 Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir dan Lajur Belok Kiri yang Pendek (F_p) (MKJI, 1997)

5. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})

Menghitung faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}) serta fungsi tersebut ditentukan untuk tipe pendekat P, tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \quad (3.22)$$

Atau didapatkan nilainya dari Gambar 3.16 dibawah ini:



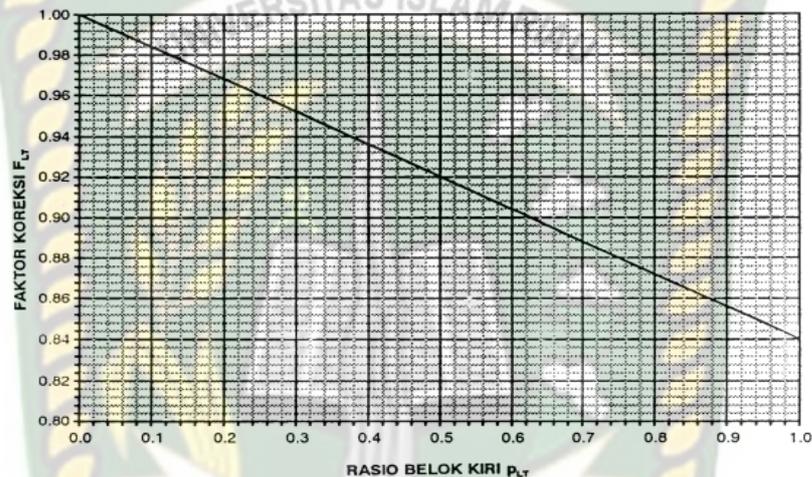
Gambar 3.16 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan (F_{RT}) (MKJI, 1997)

6. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri P_{LT} . Dan fungsi tersebut hanya digunakan untuk pendekatan tipe P tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{LT} = 1,0 - P_{RT} \times 0,16 \quad (3.23)$$

Atau didapatkan nilainya dari Gambar 3.17 dibawah ini:



Gambar 3.17 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kiri (F_{LT}) (MKJI, 1997)

7. Menghitung Penilaian Arus Jenuh yang Disesuaikan

Arus jenuh merupakan sebagai hasil kali dari arus jenuh dasar (S_0) yakni arus jenuh pada situasi standar dan faktor penyesuaian (F) selaku penyimpangan melalui situasi faktual dari suatu gabungan situasi-situasi yang sudah ditentukan. Perhitungan dapat menggunakan rumus pada persamaan 3.24 berikut

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (3.24)$$

Dimana:

S_0 = arus jenuh dasar

F_{CS} = faktor koreksi penyesuaian ukuran kota

F_{SF} = faktor koreksi hambatan samping

F_G = faktor koreksi kelandaian

F_P = faktor koreksi parkir

F_{RT} = faktor koreksi belok kanan

F_{LT} = faktor koreksi belok kiri

3.4.6 Rasio Arus dengan Arus Jenuh

Memasukkan arus lalu lintas masing-masing pendekat (Q) dengan memperhatikan:

1. Apabila LTOR harus dikeluarkan dari analisa hanya gerakan-gerakan lurus dan berbelok kanan saja yang dimasukkan dalam nilai Q .
2. Apabila $W_e = W_{KELUAR}$ hanya gerakan lalu lintas yang dimasukkan dalam nilai Q .
3. Apabila suatu pendekat mempunyai sinyal hijau dalam dua fase yang satu untuk arus terlawan (O) dan yang lainnya arus terlindung (P), gabungan arus lalu lintas sebaiknya dihitung sebagai smp rata-rata berbobot kondisi terlawan dan terlindung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan arus jenuh.

Penentuan rasio arus jenuh menggunakan perbandingan arus (Q) dengan arus jenuh (S) pada setiap masing-masing pendekat dihitung menggunakan persamaan 3.25:

$$FR = Q / S \quad (3.25)$$

Memberi tanda rasio arus kritis (FR_{crit}) = (Tertinggi) pada masing-masing fase.

Menghitung rasio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dan nilai-nilai $FR =$ (kritis) dengan persamaan 3.26 berikut.

$$IFR = \sum (FR_{crit}) \quad (3.26)$$

Menghitung rasio fase (PR) masing-masing sebagai rasio antara FR_{crit} dan IFR dengan persamaan 3.27 berikut.

$$PR = FR_{crit} / IFR \quad (3.27)$$

3.5.7 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

1. Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Menghitung waktu siklus sebelum penyesuaian (c_{ua}) untuk pengendalian waktu tetap.

$$c_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (3.28)$$

Dimana:

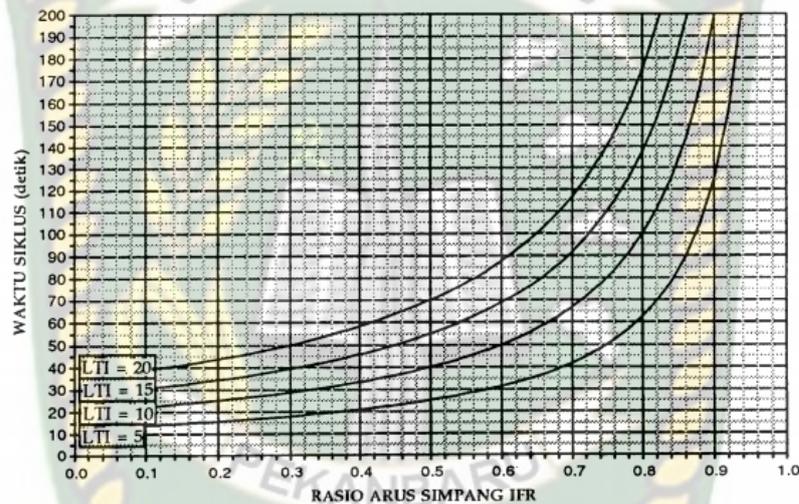
c_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total persiklus (det)

IFR = Rasio arus simpang $\sum (FR_{crit})$

Waktu siklus sebelum penyesuaian juga dapat dilihat pada gambar

3.18



Gambar 3.18 Rasio Arus Simpang IFR (MKJI, 1997)

Jika alternatif rencana fase sinyal dievaluasi, maka yang menghasilkan nilai terendah dari $(IFR + LTI/c)$ adalah yang paling efisien.

Tabel 3.14 Waktu Siklus yang Disarankan Untuk Keadaan yang Berbeda

Tipe pengaturan	Waktu siklus yang layak (det)
Pengaturan dua-fase	40 - 80
Pengaturan tiga-fase	50 - 100
Pengaturan empat-fase	80 - 130

Sumber: MKJI (1997)

Nilai-nilai yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar jalan < 10 m, nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih lebar. Waktu siklus lebih rendah dari nilai yang disarankan, akan menyebabkan kesulitan bagi para pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Waktu siklus yang melebihi detik 130 harus dihindari kecuali pada kasus sangat khusus (simpang sangat besar), karena hal ini sering kali menyebabkan kerugian dalam kapasitas keseluruhan.

Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi daripada batas yang disarankan, maka hal ini menandakan bahwa kapasitas denah dari simpang tersebut adalah tidak mencukupi.

2. Waktu Hijau

Menghitung waktu hijau (g) untuk masing-masing fase:

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (3.29)$$

Dimana:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase I (det)

c_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus

PR_i = Rasio fase $FR_{crit} / \sum (FR_{crit})$

3. Waktu Siklus yang Disesuaikan

Menghitung waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasarkan pada waktu hijau yang diperoleh dan telat dibulatkan dan waktu hilang (LTI).

$$c = \sum g + LTI \quad (3.30)$$

3.4.7 Kapasitas (C)

1. Kapasitas

Menghitung kapasitas masing-masing pendekat :

$$C = S \times g / c \quad (3.31)$$

2. Derajat Kejenuhan

Menghitung derajat kejenuhan masing-masing pendekat

$$DS = Q / C \quad (3.32)$$

3.4.8 Panjang Antrian

1. Menghitung jumlah antrian smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

$$NQ_1 = 0,25 \times C + \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \quad (3.33)$$

Untuk $DS < 0,5$; $NQ_1 = 0$

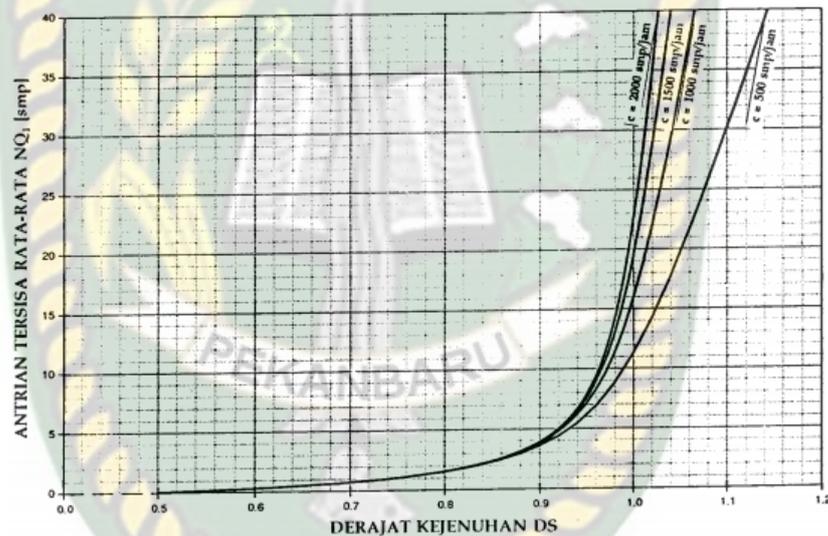
Dimana:

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat Kejenuhan

GR = Rasio Hijau

C = Kapasitas $\rightarrow (S \times GR)$



Gambar 3.19 Jumlah Kendaraan Antri (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) (MKJI, 1997)

2. Menghitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2)

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (3.34)$$

Dimana:

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat Kejenuhan

GR = Rasio Hijau

c = Waktu Siklus (det)

$$Q_{\text{masuk}} = \text{Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)}$$

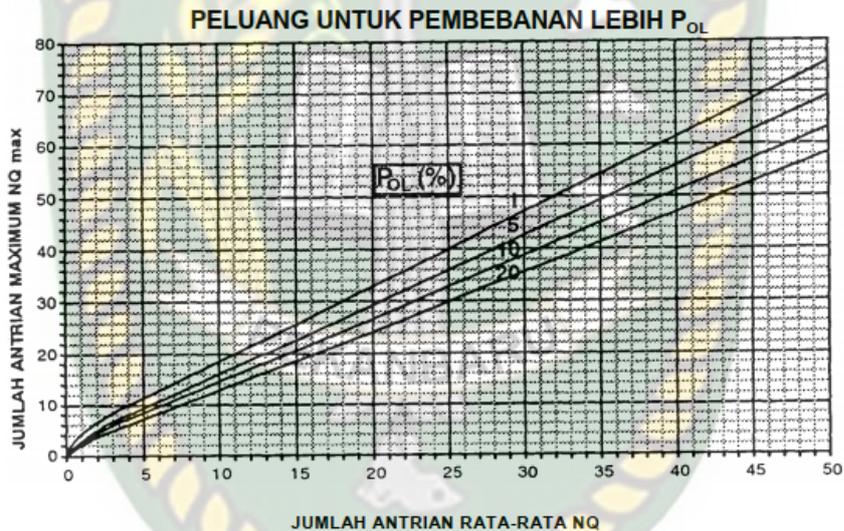
3. Menghitung jumlah kendaraan dan masukkan hasilnya :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (3.35)$$

4. Menggunakan gambar 3.20 untuk menyesuaikan NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih (P_{OL}). Untuk perancangan dan perencanaan disarankan $P_{OL} \leq 5\%$ sedangkan untuk operasi suatu nilai $P_{OL} = 5 - 10\%$ bisa diterima.

5. Menghitung panjang antrian (QL)

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \quad (m) \quad (3.36)$$



Gambar 3.20 Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{MAX}) dalam smp (MKJI, 1997)

3.4.9 Kendaraan Terhenti

1. Menghitung angka henti (NS) masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti, dengan menggunakan rumus:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (3.37)$$

Dimana:

c = Waktu siklus (det)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

2. Menghitung jumlah kendaraan terhenti (N_{sv}) masing-masing pendekat

$$N_{sv} = Q \times NS \quad (3.38)$$

3. Menghitung angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total.

$$NS_{TOTAL} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{TOT}} \quad (3.39)$$

3.4.10 Tundaan

1. Menghitung tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang sebagai berikut:

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (3.40)$$

Dimana :

DT = Tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

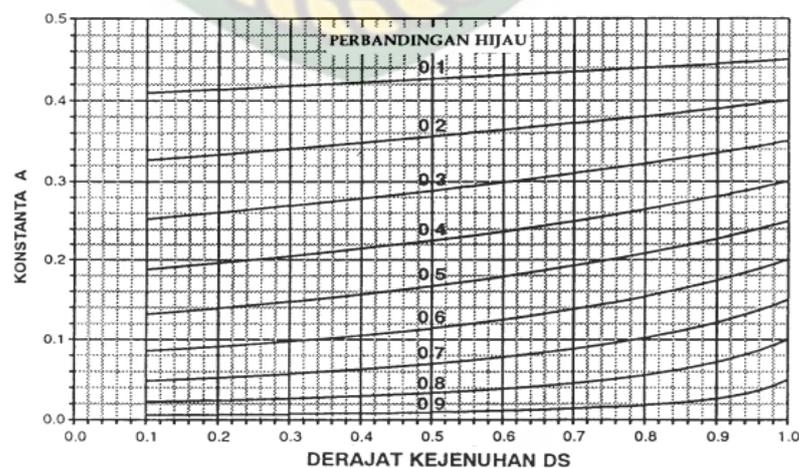
$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

GR = Rasio Hijau (g/c)

DS = Derajat Kejenuhan

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)



Gambar 3.21 Penetapan tundaan lalu lintas rata-rata (DT) (MKJI, 1997)

2. Menentukan tundaan geometrik rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/ atau ketika dihentikan oleh lampu merah:

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 \times (P_{SV} \times 4) \quad (3.41)$$

Dimana :

DG_j = Tundaan geometrik rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

P_{SV} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = $\text{Min}(NS, 1)$

P_T = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

3. Menghitung tundaan geometrik gerakan lalu lintas dengan belok kiri langsung (LTOR)
4. Menghitung tundaan rata-rata sebagai jumlah
5. Menghitung tundaan total dalam detik dengan mengalikan tundaan rata-rata dengan arus lalu lintas.
6. Menghitung tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_I)

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \quad (3.42)$$

7. Tundaan rata-rata dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan dari masing-masing pendekat demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Bahan dan Alat

Untuk melakukan penelitian di lapangan memerlukan peralatan untuk mendukung penelitian ini. Adapun peralatan dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Meteran untuk mengukur lengan simpang
2. Stopwatch untuk mengukur lamanya waktu penelitian
3. Counter untuk menghitung volume arus lalu lintas
4. Kamera untuk dokumentasi penelitian
5. Formulir pengisian data survey volume lalu lintas di lapangan
6. Formulir SIG simpang tak bersinyal
7. Formulir SIG simpang Bersinyal

4.2 Teknik Pengumpulan Data

Dalam teknik pengumpulan data ini metode yang dipakai adalah metode pengumpulan data primer dan metode analisis. Berikut adalah metode pengumpulan data primer yang digunakan dalam penelitian.

1. Data Primer

Data primer yaitu data yang didapat dari lokasi penelitian. Cara mendapatkan data primer dengan cara pencatatan manual per 2 jam dan dengan pengukuran langsung menggunakan meteran untuk mendapatkan lebar lengan simpang dan lebar parkir, kemudian dilakukan analisis terhadap data yang diperoleh. Survei dilakukan pada hari kerja yaitu hari Senin dan hari Selasa lalu pada hari tak kerja yaitu hari Sabtu, dengan mempertimbangkan bahwa hari-hari tersebut mewakili jam-jam sibuk dan volume arus lalu lintas diperkirakan jauh berbeda. Pertimbangan lain yang juga sangat berpengaruh adalah lokasi penelitian merupakan kawasan pusat perdagangan dan pertokoan yang banyak dilewati dan dikunjungi terutama pada waktu kerja. Lokasi penelitian merupakan simpang tak bersinyal dengan empat lengan yaitu

Jl. Sibuhuan-Gunung Tuan (Utara), Jl. Surapati (Selatan), Jl. Kihajar Dewantara (Timur) dan Jl. Prof. H. M Yamin SH (Barat). Kemudian pengamatan dilakukan selama 3 (tiga) sesi selama per 2 jam yaitu pukul 06.00-08.00 WIB, 12.00-14.00 WIB, dan sesi terakhir 16.00-18.00 WIB. Pengamatan yang dilakukan interval 5 menit, dan menghasilkan data volume arus lalu lintas.

2. Data Sekunder

Menurut Hasan (2002: 58) data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti dari sumber-sumber yang sudah ada atau dari data sebelumnya. Data ini digunakan untuk mendukung data primer yang telah diperoleh yaitu, dari bahan pustaka, literatur, penelitian terdahulu, buku dan lain sebagainya. Data sekunder tersebut terdiri dari:

- a. Peta Lokasi, yaitu menentukan tata letak dimana akan dilakukannya penelitian.
- b. Geometrik Simpang, yaitu mengukur lebar lengan simpang
- c. Data Jumlah Penduduk, yaitu untuk menentukan kelas ukuran kota Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara dari instansi yang bersangkutan, seperti : BPS (Badan Pusat Statistik).
- d. Kondisi Lingkungan, yaitu menentukan tipe lingkungan jalan berdasarkan klasifikasi hambatan samping pada Tabel 3.5.

4.3 Tahapan Penelitian

Berdasarkan uraian yang telah dibahas terkait dengan metodologi penelitian untuk mencapai penelitian ini, maka dapat disimpulkan tahapan penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah uraian dari tahap pelaksanaan penelitian: Untuk melakukan penelitian Tugas Akhir ini peneliti melakukan beberapa tahap, antara lain:

1. Persiapan

Tahap persiapan ini ialah tahapan pertama yang dilakukan dalam penelitian, dimana persiapan yang harus dilakukan pertama sekali adalah mencari

tempat atau lokasi penelitian yang akan dilakukan serta mencari referensi-referensi yang berkaitan dengan judul penelitian.

2. Pengumpulan Data

Selanjutnya melakukan kajian literatur yang menghasilkan indikator variabel-variabel penelitian yaitu memulai proses analisis yang diawali dengan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk mencapai sasaran penelitian. Proses pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini menggunakan metode observase. Setelah data terkumpul berdasarkan variabel penelitian, maka data tersebut diolah kemudian dianalisis.

3. Analisa Kondisi Eksisting

Tahapan pertama dalam setiap penelitian ialah cara menganalisis data yang merupakan proses untuk mendapatkan hasil dari penelitian melalui sasaran penelitian. Analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa kondisi eksisting simpang tak bersinyal. Dan teknik analisa ini diharapkan akan didapatkan temuan-temuan yang dapat menjawab permasalahan dalam penelitian ini.

4. Penetapan solusi alternatif, yaitu merencanakan IV skenario alternatif dengan menggunakan rekayasa lalu lintas. Dimana alternatif I meminimalisirkan hambatan samping dari tinggi menjadi rendah, alternatif II melakukan pelebaran jalan minor menjadi 5,10 m, alternatif III melakukan penggabungan alternatif I dan II, dan alternatif IV merubah simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal.

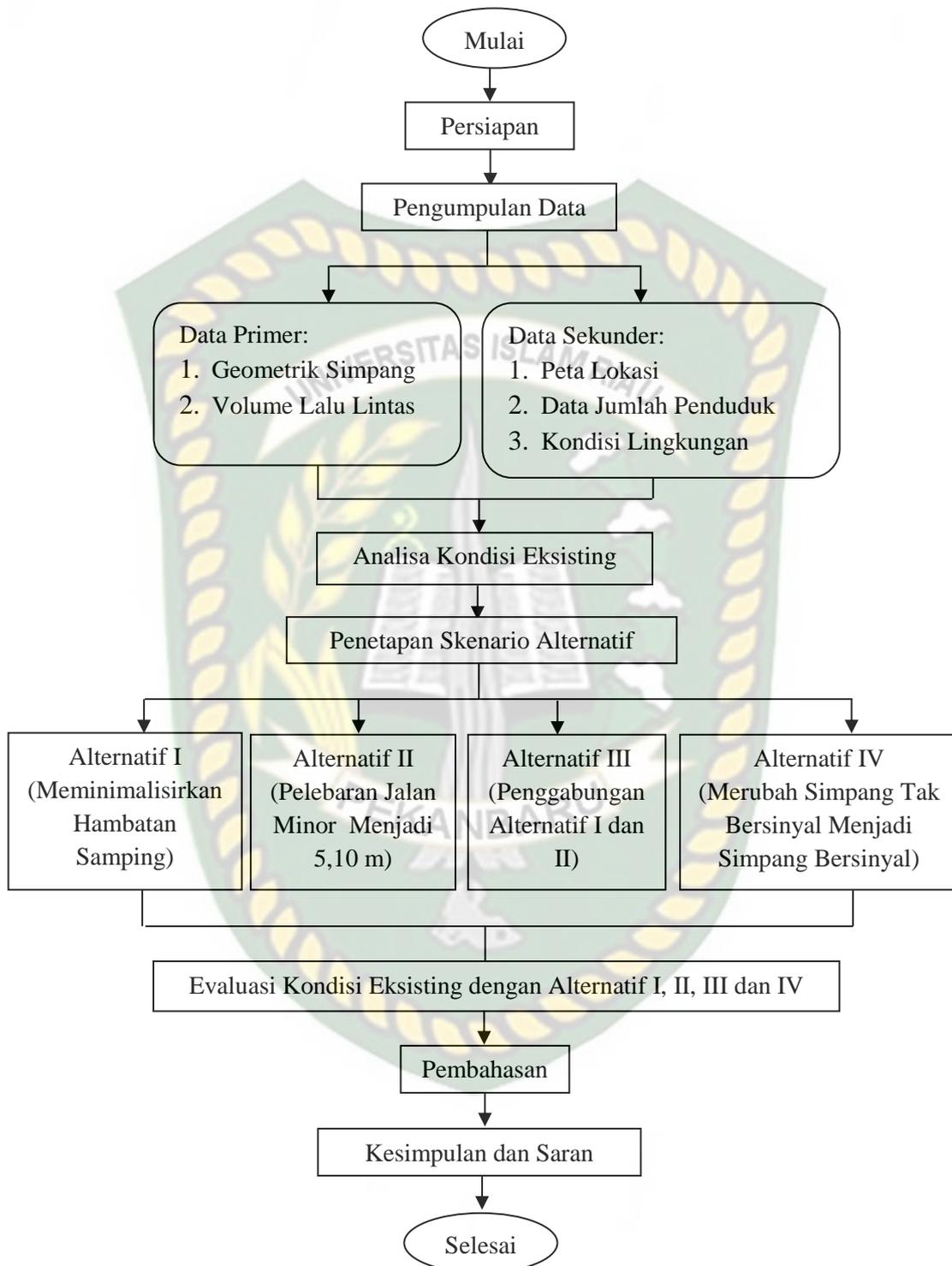
5. Bandingkan kondisi eksisting dengan skenario alternatif yang direncanakan, setelah diketahui kondisi kelimanya kemudian dibandingkan apakah penerapan rekayasa lalu lintas tersebut dapat mengurangi kemacetan.

6. Evaluasi kondisi eksisting dengan alternatif I, alternatif II, alternatif III dan alternatif IV, untuk mengetahui kinerja persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan apakah penerapan solusi alternatif yang direncanakan dapat mengurangi tingkat kemacetan berdasarkan nilai derajat kejenuan (DS) yang diperoleh.

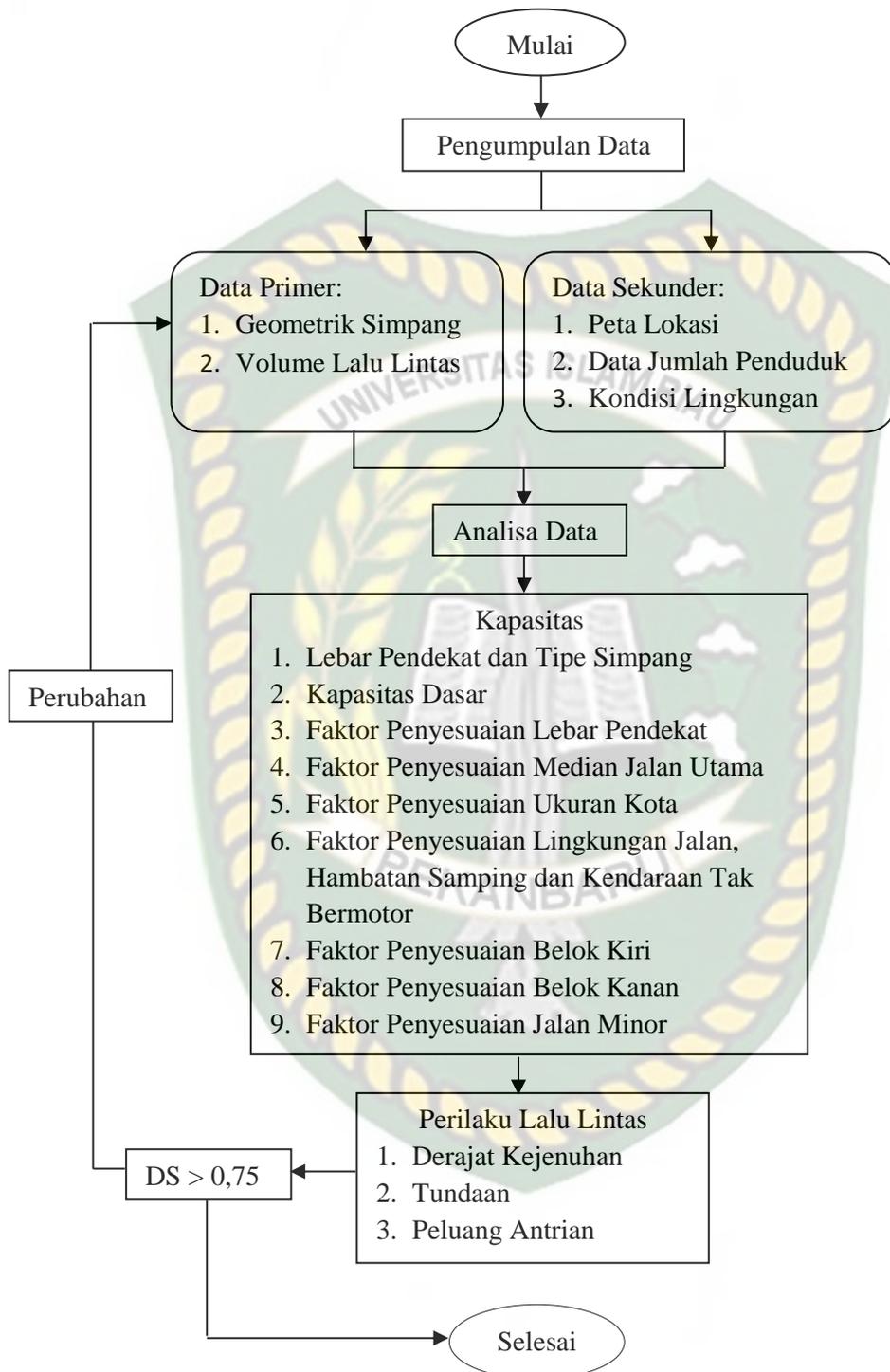
7. Pembahasan setelah dilakukan evaluasi kemudian dibahas mengenai kondisi eksisting dengan solusi alternatif yang direncanakan agar mempermudah pemahaman bagi pembaca.
8. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran didapat setelah pembahasan kondisi eksisting dengan solusi alternatif yang direncanakan pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan. Hasil solusi alternatif akan menunjukkan nilai derajat kejenuhan (DS) yang dapat digunakan untuk tingkat pelayanan persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, optimalisasi apa yang dilakukan, dan perbandingan sebelum dan sesudah di optimalisasi.

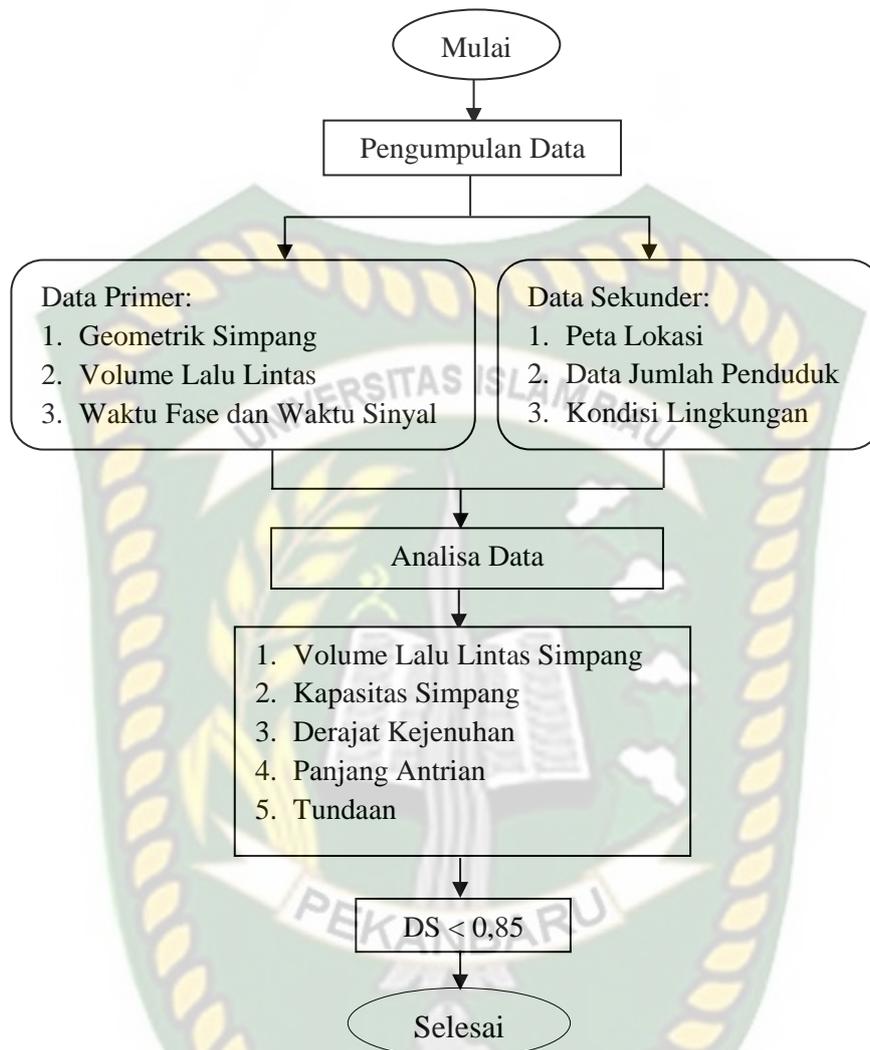




Gambar 4.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian



Gambar 4.2 Bagan Alir Simpang Tak Bersinyal

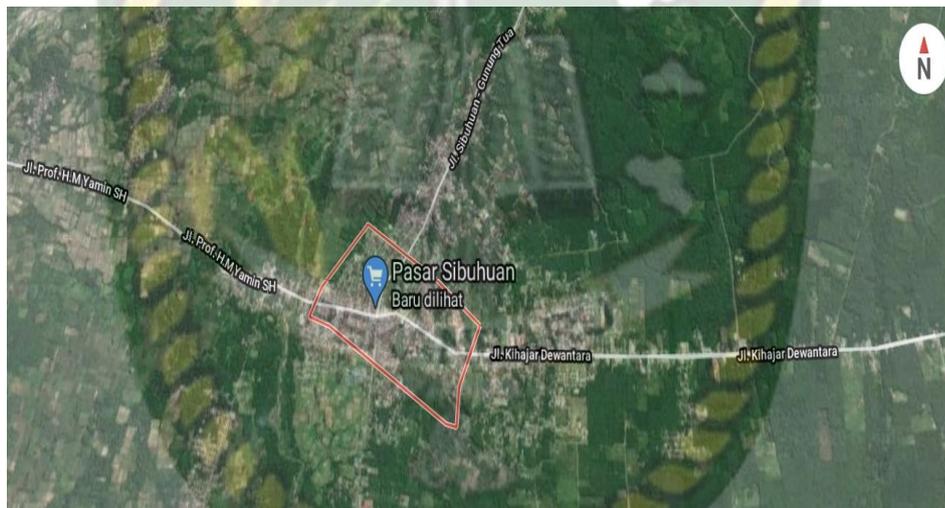


Gambar 4.3 Bagan Alir Simpang Bersinyal

4.4 Lokasi Penelitian

Padang lawas terletak di koordinat $1,067977^{\circ}$ LU dan $99,734256^{\circ}$ BT yang memiliki jumlah penduduk 281.239 jiwa. Penelitian dilakukan di persimpangan Pasar Sibuhuan yang terletak dikecamatan Barumun:

- a. Lokasi penelitian merupakan simpang berlegan empat
- b. Lokasi penelitian merupakan simpang tidak bersinyal
- c. Lebar Jl. Sibuhuan-Gunung Tua sebelah Utara 9,90 m
- d. Lebar Jl. Surapati sebelah Selatan 9,20 m
- e. Lebar Jl. Prof. H. M Yamin SH sebelah Barat 10,40 m
- f. Lebar Jl. Kihajar Dewantara sebelah Timur 10,60 m



Gambar 4.4 Lokasi Penelitian (*Google Maps*)

BAB V

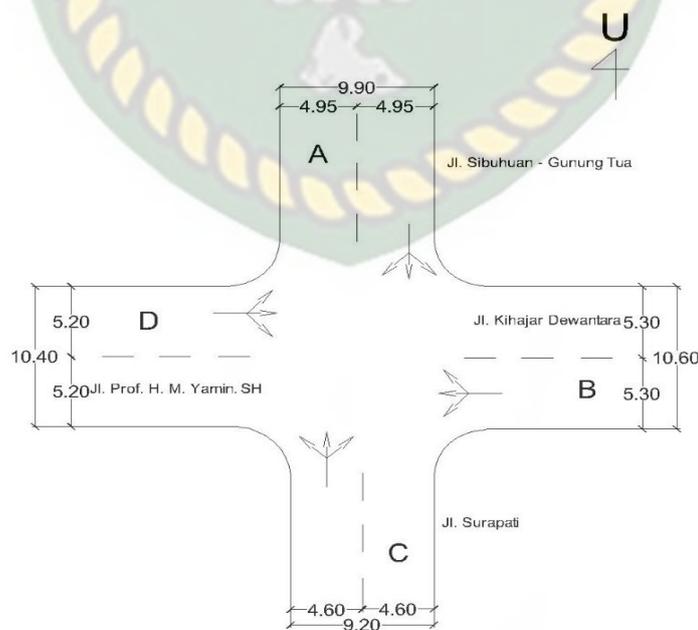
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Identifikasi Kondisi Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan

Melakukan identifikasi kondisi persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan langsung ke lapangan yang akan diteliti, untuk mengetahui kondisi geometrik simpang, kondisi lingkungan, dan volume lalu lintas.

5.1.1 Kondisi Geometrik Simpang

Hasil geometrik simpang didapat langsung dari pengamatan dan pengukuran dilapangan yaitu persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan. Pengamatan pada saat survey menemukan bahwa persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan merupakan pertemuan dari Jl. Kihajar Dewantara-Jl. Prof. H. M. Yamin. SH sebagai jalan utama, dan Jl. Lintas Sibuhuan Gunung Tua-Jl. Surapati sebagai jalan minor. Simpang ini memiliki 4 buah lengan dan setiap lengan memiliki 2 jalur dan 2 lajur tanpa median. Lebar jalan utama 10,60 m (lengan Timur) dan 10,40 (lengan Barat), sedangkan pada jalan minor adalah 9,90 m (lengan Utara) dan 9,20 m (lengan Selatan). Data hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5.1 Kondisi Geometrik Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan

5.1.2 Kondisi Lingkungan

Hasil pengamatan lingkungan diperlukan untuk perhitungan kapasitas simpang, berikut adalah keadaan simpang.

1. Tipe Lingkungan Jalan

Berdasarkan rancangan peraturan daerah Kabupaten Padang Lawas tahun 2011 tentang rencana tata ruang wilayah Kabupaten Padang Lawas tahun 2011-2031 pada bagian ketiga rencana sistem jaringan prasarana, paragraf 1 rencana sistem jaringan dan transportasi, pasal 12 ayat (3) persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan menurut statusnya termasuk kedalam jaringan jalan Provinsi, menurut fungsinya termasuk kedalam jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibu kota Kabupaten atau kota, dan menurut kelasnya termasuk kedalam jalan kelas III B yang merupakan jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton. Dalam penjelasan buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 tentang tipe lingkungan jalan, bahwa lokasi penelitian ini termasuk kedalam wilayah komersial (COM). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.2



Gambar 5.2 Tata Guna Lahan Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan

2. Hambatan Samping

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan bobot kejadian nilai hambatan samping pada jam puncak maksimum sebesar 639,7. Dimana untuk interval pada bobot 500-899 di klasifikasikan dengan kelas hambatan samping tinggi, maka dapat disimpulkan untuk kelas hambatan samping pada persimpangan tak bersinyal pasar Sibuhuan termasuk dalam kategori tinggi. Hal ini di sebabkan banyaknya pejalan kaki, pengendara yang parkir disisi jalan, kendaraan keluar masuk pada lengan simpang dan kendaraan lambat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran A, Tabel A-1 dan Gambar 5.3



Gambar 5.3 Hambatan Samping Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan

5.1.3 Kondisi Lalu Lintas

Untuk mengetahui kondisi lalu lintas pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, dilakukannya survey untuk mendapatkan data primer pada lokasi simpang, agar hasil survey yang didapat bisa digunakan secara optimal dalam pengolahannya.

1. Total Arus Lalu Lintas

Survey untuk pengambilan data arus lalu lintas dilaksanakan selama 3 (tiga) hari, yaitu Senin, Selasa dan Sabtu (16, 17 dan 21 Maret 2020). Survey arus lalu lintas pada simpang tak bersinyal ini dilakukan dengan menghitung manual di jam puncak pagi, siang dan sore, yaitu pada jam 06.00-08.00 WIB, 12.00-14.00 WIB dan 16.00-18.00. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui arus dan volume lalu

setiap kendaraan yang melintasi simpang Empat Pasar Sibuhuan. Penggolongan kendaraan disesuaikan dengan buku MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997, yaitu kendaraan ringan atau *Leight Vehicle (LV)*, kendaraan besar atau *Heavy Vehicle (HV)* sepeda motor atau *Motor Cycle (MC)*, dan kendaraan tidak bermotor atau *Unmortozed (UM)*.

Untuk hasil survey data lalu lintas yang melewati persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan selama jam puncak di konversikan ke satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) dengan menggunakan nilai ekivalensi mobil penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan, dengan cara mengalikan jumlah kendaraan per jam dengan nilai ekivalensi mobil penumpang (emp) berdasarkan jenis kendaraanya. Dimana nilai ekivalensi kendaraan ringan atau *Leight Vehicle (LV)* sebesar 1,0, kendaraan besar atau *Heavy Vehicle (HV)* sebesar 1,3, dan sepeda motor atau *Motor Cycle (MC)* sebesar 0,5. Untuk hasil yang telah dikonversikan ke satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan untuk lebih jelasnya perhitungan emp kendaraan bermotor dapat dilihat pada lampiran B.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Arus Lalu Lintas

Hari	Periode	Jumlah Volume Lalu Lintas (smp/jam)
Senin, 16 Maret 2020	06.00-08.00	2315
	12.00-14.00	2341
	16.00-18.00	2328
Selasa, 17 Maret 2020	06.00-08.00	2298
	12.00-14.00	2333
	16.00-18.00	2311
Sabtu, 21 Maret 202	06.00-08.00	2278
	12.00-14.00	2209
	16.00-18.00	2220

Sumber: Hasil Analisa 2020

Dari data diatas maka diketahui jam paling padat arus lalu lintas persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan terdapat pada hari Senin periode

12.00-14.00 WIB. Dikarenakan pada hari tersebut terdapat Pasar yang tingkat keramaian lebih tinggi dari hari biasanya, serta pada periode tersebut terdapat aktivitas pulang anak sekolah dan jam istirahat kantor.

5.2 Kapasitas Simpang Tak Bersinyal

5.2.1 Kapasitas Simpang

1. Kapasitas Simpang

Untuk mengetahui kapasitas aktual pada simpang persimpangan tak bersinyal Sibuhuan, diperlukan beberapa faktor penyesuaian berdasarkan keadaan dari geometri dan arus lalu lintas. Adapun faktor-faktor yang diperlukan adalah sebagai berikut:

a. Kapasitas (C_0)

persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan merupakan simpang tak bersinyal dengan jumlah 2 jalur dan 2 lajur, dengan tipe simpang tipe simpang 422. Sehingga kapasitas dasar simpang tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Kapasitas Dasar (C_0) Simpang Empat Pasar Sibuhuan

No	Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (C_0) (smp/jam)	Keterangan
1	Empat jalur terbagi	1650	Perlajur
2	Empat lajur tidak terbagi (4/2 UD)	1500	Perlajur
3	Dua lajur tidak terbagi (2/2 UD)	2900	Total untuk dua arah

(Sumber: (MKJI 1997))

Dari tabel 5.2 di atas dapat dilihat nilai kapasitas dasar (C_0) pada simpang empat Pasar Sibuhuan adalah sebesar 2900 smp jam total untuk dua arah.

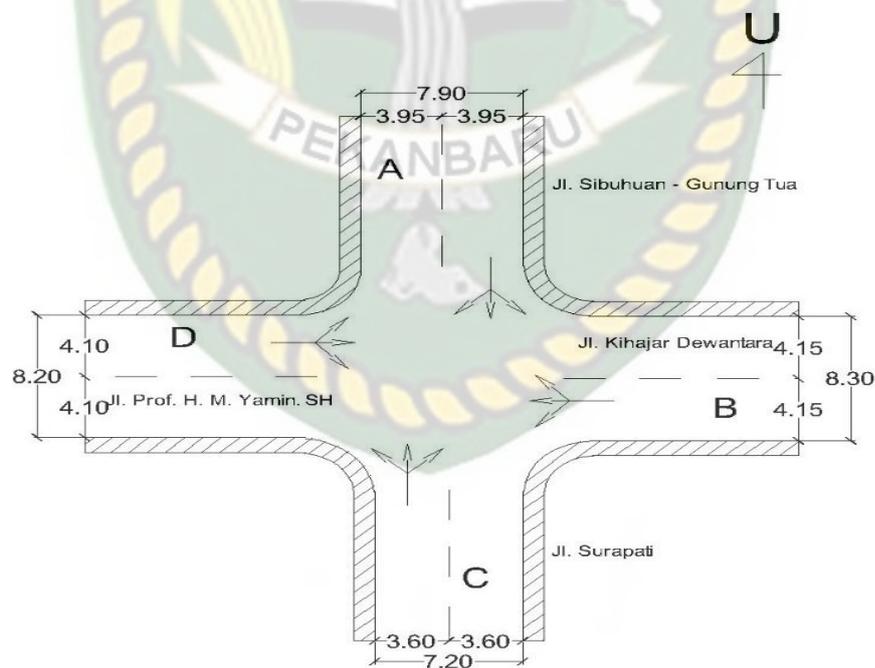
b. Faktor penyesuaian lebar pendekat (F_w)

Persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan memiliki kaki simpang, sehingga terdapat empat pendekat yang terdiri dari dua pendekat yang berasal dari jalan mayor dan dua pendekat dari jalan minor. Masing-masing lebar pendekat, tersaji pada tabel 5.3 dan Gambar 5.4

Tabel 5.3 Lebar Pendekat Simpang Empat Pasar Sibuhuan

Pendekat	Lebar Pendekat (m)
Jl. Sibuhan-Gunung Tua (W_A)	3,95
Jl. Surapati (W_C)	3,60
Jl. Kihajar Dewantara (W_B)	4,15
Jl. Prof H.M Yamin SH (W_D)	4,10
Lebar rata-rata pendekat (W_1)	3,95

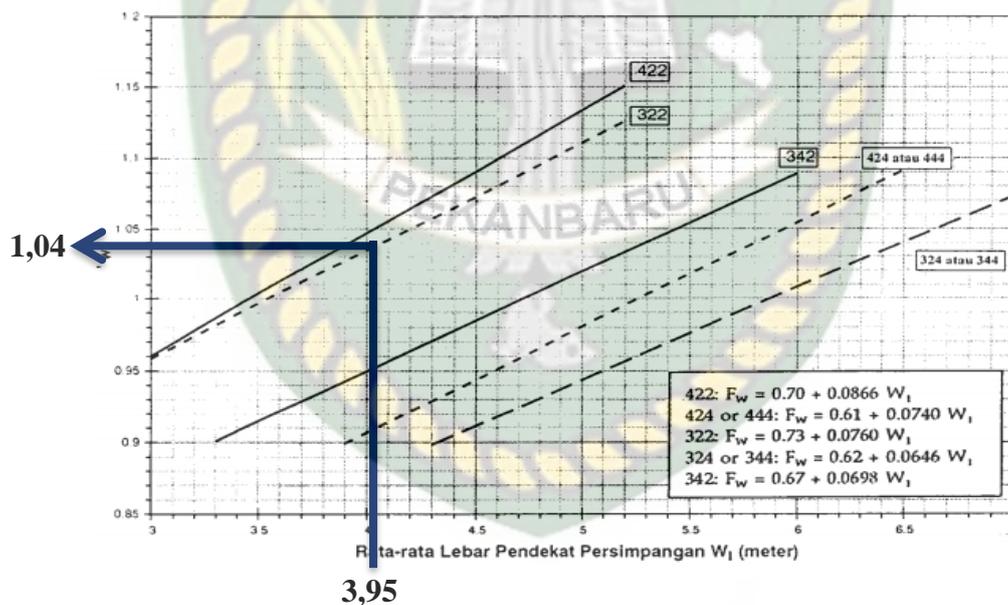
Sumber: Hasil Analisa 2020



Gambar 5.4 Kondisi Geometrik Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan Dengan Hambatan Samping Tinggi Pada Kondisi Eksisting

Dalam menentukan faktor penyesuaian lebar pendekat, terdapat dua komponen yang sangat berpengaruh yaitu, lebar rata-rata pendekat dan tipe simpang. Setelah lebar rata-rata pendekat diketahui yaitu sebesar 3,95 m. Maka langkah selanjutnya adalah menentukan faktor penyesuaian lebar pendekat berdasarkan tipe simpang dengan mengacu pada Gambar 3.4 yaitu grafik untuk lebar pendekat yang mengacu pada MKJI 1997. Dalam grafik tersebut terdapat beberapa persamaan garis linear untuk masing-masing tipe simpang. Pada sumbu Y grafik memperlihatkan besaran lebar pendekat, sedangkan pada sumbu X memperlihatkan besaran faktor penyesuaian untuk lebar pendekat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.5 dibawah ini.

$$\begin{aligned} F_w &= 0,70 + 0,0866 \times W_1 \\ &= 0,70 + 0,0866 \times 3,95 \\ &= 1,04 \end{aligned}$$



Gambar 5.5 Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w) Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan

Dari Gambar 5.5 dan perhitungan diatas diketahui bahwa faktor penyesuaian untuk lebar pendekat persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah sebesar 1,04.

c. Median Jalan Utama (F_M)

Salah satu faktor yang diperhitungkan dalam menentukan besaran kapasitas aktual simpang adalah tipe ukuran median. Untuk menentukan faktor penyesuaian median pada jalan utama dapat dilihat pada Tabel 3.3. Berdasarkan keadaan simpang adalah simpang empat Pasar Sibuhuan memiliki 2 lajur dan 2 arah tanpa median atau dengan kata lain jalan ini memiliki tipe 2/2 D. Sesuai dengan kondisi Jl. Prof. H. M Yamin SH-Jl. Kihajar Dewantara merupakan jalan utama pada simpang empat Pasar Sibuhuan, maka faktor penyesuaian untuk median jalan utama dapat dilihat pada Tabel 5.4 dibawah ini.

Tabel 5.4 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (F_M)

Uraian	Tipe M	Faktor penyesuaian Median (F_M)
Tidak Median Jalan Utama	Tidak ada	1,00
Ada Median Jalan Utama, Lebar < 3 m	Sempit	1,05
Ada Median Jalan Utama, Lebar \geq 3 m	Lebar	1,20

(Sumber: (MKJI 1997))

Dari tabel 5.4 di atas dapat dilihat nilai faktor penyesuaian median jalan utama (F_M) pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah sebesar 1,00 dengan tidak ada median pada jalan utama.

d. Faktor Ukuran Kota (F_{cs})

Salah faktor yang diperhitungkan dalam menentukan besaran kapasitas aktual simpang adalah ukuran kota berdasarkan jumlah penduduk kota tersebut. Terdapat lima klasifikasi ukuran kota berdasarkan jumlah penduduknya. Mulai dengan kota ukuran sangat kecil dengan jumlah penduduk kurang dari 100.000 jiwa hingga kota sangat besar dengan jumlah penduduk diatas 3 juta jiwa.

Kabupaten Padang Lawas pada tahun 2019 diproyeksi memiliki jumlah penduduk sebanyak 281.239 jiwa. Hubungan antara jumlah penduduk dan faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada Tabel 5.5 dibawah ini.

Tabel 5.5 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Ukuran Kota (CS)	Jumlah Penduduk (Juta)	Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})
Sangat Kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1-0,5	0,88
Sedang	0,5-1,0	0,94
Besar	1,0-3,0	1,00
Sangat Besar	> 3,0	1,05

(Sumber: (MKJI 1997))

Dari tabel 5.5 di atas dapat dilihat nilai faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS}) pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah sebesar 0,88 dengan ukuran kota kecil.

e. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU})

Kawasan di sekitar persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan merupakan kawasan komersial yang didominasi oleh ruko/ pertokoan dengan hambatan samping yang tinggi. Sedangkan kendaraan yang didominasi melintas di simpang tersebut oleh kendaraan bermotor baik itu kendaraan bermotor roda dua, roda tiga, maupun roda empat sebagaimana terlihat pada Gambar 5.6



Gambar 5.6 Kawasan Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan

Dari hasil penelitian dilapangan kendaraan tidak bermotor yang melintasi persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan sangat banyak. Berdasarkan hasil analisa, nilai rasio kendaraan tak bermotor (F_{RSU}) pada simpang empat Pasar Sibuhuan adalah sebesar 0,11 maka untuk mendapat nilai faktor penyesuaian hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU}) Kondisi Eksisting

Kelas Tipe Lingkungan Jalan (RE)	Kelas Hambatan Samping (SF)	Rasio Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU})					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses Terbatas	Tinggi/Sedang/ Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

(Sumber: (MKJI 1997))

Dari Tabel 5.6 diatas nilai faktor penyesuaian hambatan samping (F_{RSU}) diperoleh dengan cara interpolasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dibaawah ini.

0,10	0,84
0,11	X
0,15	0,79

$$\begin{aligned}
 X &= 0,84 + \left[\frac{0,11-0,10}{0,15-0,10} \right] \times (0,79-0,84) \\
 &= 0,84 + (-0,01) \\
 &= 0,83
 \end{aligned}$$

Maka nilai F_{RSU} untuk hambatan samping tinggi adalah sebesar 0,83.

f. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

Untuk mengetahui faktor penyesuaian belok kiri (P_{LT}), belok kanan (P_{RT}), dan faktor penyesuaian jalan minor, maka perlu diketahui komposisi lalu lintas pada simpang tersebut sebagaimana tersaji pada Tabel 5.7. Dari tabel tersebut dapat diketahui nilai tiga dari variabel yaitu rasio belok kiri (P_{LT}), rasio belok belok kanan (P_{RT}), dan rasio jalan minor (P_{MI}) dengan rincian sebagaimana tersaji pada tabel 5.7

Tabel 5.7 Nilai P_{LT} , P_{RT} , dan P_{MI}

No	Variabel	Nilai
1	Rasio Belok Kiri (P_{LT})	0,33
2	Rasio Belok Belok Kanan (P_{RT})	0,33
3	Rasio Jalan Minor (P_{MI})	0,44

Sumber: Hasil Analisa 2020

Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) dapat diketahui dari nilai rasio belok kiri (P_{LT}) yang disesuaikan dengan Gambar 3.7. Pada Gambar grafik 3.7 terdapat persamaan garis linear yang dapat dipergunakan untuk menentukan nilai F_{LT} , berikut adalah perhitungan nilai F_{LT} tersebut.

$$F_{LT} = 0,84 + 1,6 \cdot P_{LT}$$

$$= 0,84 + 1,6 \cdot 0,33$$

$$= 1,37$$

g. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})

Dengan nilai rasio belok kanan (P_{RT}) sebesar 0,33 maka besaran faktor penyesuaian untuk belok kanan (F_{RT}) dapat dihitung menggunakan rumus persamaan garis linear yang terdapat pada Gambar 3.8. Berdasarkan gambar grafik tersebut diketahui untuk empat lengan simpang dengan nilai F_{RT} adalah sebesar 1,00.

h. Faktor Penyesuaian Rasio Minor (F_{MI})

Persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan merupakan simpang dengan tipe 422 dan memiliki nilai P_{MI} sebesar 0,44. Nilai F_{MI} dapat diketahui dari Gambar 3.9 disesuaikan dengan tipe simpang dan nilai P_{MI} . Sehingga diperoleh nilai F_{MI} sebesar 0,89. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat perhitungan nilai F_{MI} berikut.

$$\begin{aligned} F_{MI} &= 1,19 \times P_{MI}^2 - 1,19 \times P_{MI} + 1,19 \\ &= 1,19 \times 0,44^2 - 1,19 \times 0,44 + 1,19 \\ &= 0,89 \end{aligned}$$

Tabel 5.8 Hasil Analisa Kapasitas (C) Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan Pada Jam Puncak Maksimum

Pilihan Alternatif	Kapasitas dasar C_0 (smp/jam)	Faktor penyesuaian kapasitas							Kapasitas (C) (smp/jam)
		Lebar Pendekat rata-rata F_w	Median jalan utama F_M	Ukuran kota F_{CS}	Hambatan samping F_{RSU}	Belok kiri F_{LT}	Belok kanan F_{RT}	Rasio minor / total F_{MI}	
Kondisi Eksisting	2900	1,04	1	0,88	0,83	1,38	1	0,89	2707,06

Sumber: Hasil Analisa 2020

Setelah delapan variabel yang dibutuhkan untuk menghitung kapasitas aktual simpang diketahui. Maka langkah selanjutnya yaitu memasukkan nilai variabel tersebut kedalam rumus berikut.

$$C = C_0 \times F_w \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI}$$

$$\begin{aligned} &= 2900 \times 1,04 \times 1 \times 0,88 \times 0,83 \times 1,38 \times 1 \times 0,89 \\ &= 2707,06 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Nilai kapasitas aktual persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah sebesar 2.707,06 smp/jam sebagaimana terlihat pada perhitungan diatas.

5.3 Perilaku Lalu Lintas

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan perhitungan perilaku lalu lintas pada simpang tak bersinyal dalam MKJI yang meliputi derajat kejenuhan (DS), tundaan, dan peluang antrian diperoleh hasil analisa sebagai berikut.



Tabel 5.9 Perilaku Lalu Lintas

Pilihan Alternatif	Arus Lalu Lintas (smp/jam)	Faktor penyesuaian kapasitas								Sasaran
		Derajat Kejenuhan	Tundaan Lalu Lintas Simpang (det/smp)	Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (det/smp)	Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (det/smp)	Tundaan Geometrik Simpang (det/smp)	Tundaan Simpang (det/smp)	Peluang Antrian (QP %)		
								Batas Bawah	Batas Atas	
Q	DS	DT _I	DT _{MA}	DT _{MI}	DG	D	Batas Bawah	Batas Atas		
Kondisi Eksisting	2341	0,86	10,49	7,64	14,01	4,13	14,62	30,03	59,32	DS > 0,75

Sumber: Hasil Analisa 2020

1. Derajat Kejenuhan (DS)

Untuk menghitung DS diperlukan data masukan berupa kapasitas aktual (C) dan arus lalu lintas total pada jam sibuk yang melewati simpang (Q_{TOT}), dimana kedua komponen tersebut dihitung dalam satuan smp/jam. Dengan nilai kapasitas aktual (C) sebesar 2707,06 smp/jam dan nilai arus lalu lintas total (Q_{TOT}) sebesar 2315 smp/jam maka besaran derajat kejenuhan (DS) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{2341}{2707,06} \\ &= 0,86 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan besarnya derajat kejenuhan persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah 0,86.

2. Tundaan

Tundaan yang dihitung adalah tundaan lalu lintas simpang (DT_1), tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA}), tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}), tundaan geometrik simpang (DG), dan tundaan simpang (D) hasil perhitungannya sebagai berikut

a. Tundaan Lalu Lintas Simpang (DT_1)

Untuk derajat kejenuhan (DS) > 0,6 digunakan persamaan 3.5 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} DT_1 &= \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2} \\ &= \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times 0,86) - (1 - 0,86) \times 2} \\ &= 10,49 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tundaan lalu lintas simpang (DT_1) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah 10,49 det/smp.

b. Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (DT_{MA})

Tundaan lalu lintas jalan minor dihitung menggunakan Persamaan 3.8 berikut

$$\begin{aligned}
 DT_{MA} &= \frac{1,05034}{(0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8} \\
 &= \frac{1,05034}{(0,346 - 0,246 \times 0,86) - (1 - 0,86) \times 1,8} \\
 &= 7,64 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA}) persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah 7,64 det/smp.

c. Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DT_{MI})

Tundaan lalu lintas jalan minor dihitung menggunakan Persamaan 3.9 berikut

$$\begin{aligned}
 DT_{MI} &= \frac{Q_{TOT} \times DT_I - Q_{MA} \times DT_{MA}}{Q_{MI}} \\
 &= \frac{2341 \times 10,49 - 1294 \times 7,64}{1048} \\
 &= 14,01 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah 14,01 det/smp.

d. Tundaan Geometri Simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang ialah tundaan geometri rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. Dalam MKJI 1997 untuk $DS < 1,0$ nilai tundaan simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut

$$\begin{aligned}
 DG &= (1 - DS) \times (P_T \times 6 + (1 - P_T) \times 3) + DS \times 4 \\
 &= (1 - 0,86) \times (0,66 \times 6 + (1 - 0,66) \times 3) + 0,86 \times 4 \\
 &= 0,14 \times 4,98 + 3,44 \\
 &= 4,13 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tundaan geometrik simpang (DG) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah 4,13 det/smp.

e. Tundaan Simpang (D)

Tundaan simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.12 berikut

$$D = DG + DT_1$$

$$= 4,13 + 10,49$$

$$= 14,62 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan perhitungan tundaan simpang (D) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah 14,62 det/smp.

3. Peluang Antrian

Untuk menghitung peluang antrian, data masukan yang digunakan ialah derajat kejenuhan (DS) dengan menggunakan persamaan 3.13 untuk batas bawah dan 3.14 untuk batas atas sebagai berikut.

Batas bawah

$$\begin{aligned} \text{QP \%} &= 9,02 \times \text{DS} + 20,66 \times \text{DS}^2 + 10,49 \times \text{DS}^3 \\ &= 9,02 \times 0,86 + 20,66 \times 0,86^2 + 10,49 \times 0,86^3 \\ &= 7,757 + 15,280 + 6,672 \\ &= 30,03 \% \end{aligned}$$

Batas atas

$$\begin{aligned} \text{QP \%} &= 47,71 \times \text{DS} - 24,68 \times \text{DS}^2 + 56,47 \times \text{DS}^3 \\ &= 47,71 \times 0,86 - 24,68 \times 0,86^2 + 56,47 \times 0,86^3 \\ &= 41,031 - 18,253 + 35,918 \\ &= 59,32 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan peluang antrian (QP%) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah 30,03 % untuk batas bawah dan 59,03 % untuk batas atas.

Hasil perhitungan dengan menggunakan MKJI 1997 untuk persimpangan tak bersinyal, diperoleh kesimpulan hasil analisa simpang empat Pasar Sibuhuan yaitu: derajat kejenuhan sebesar 0,86, tundaan lalu lintas simpang (DT_i) sebesar 10,49 det/smp, tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA}) sebesar 7,64 det/smp, tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}) sebesar 14,01 det/smp, tundaan geometrik (DG) sebesar 4,13 det/smp, tundaan simpang (D) sebesar 14,62 det/smp, dan Peluang antrian (QP %) sebesar 30,03 – 59,32 %.

5.4 Alternatif Solusi Perbaikan Simpang

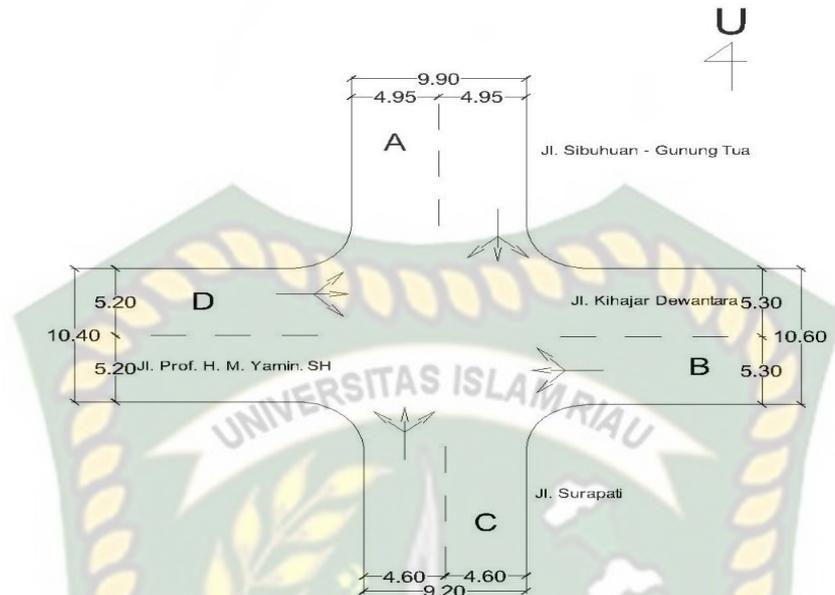
Hasil Analisa menunjukkan kondisi operasional pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah tinggi, sehingga perlu kajian perbaikan simpang untuk menurunkan nilai derajat kejenuhan agar kinerja simpang dapat menjadi lebih baik. Untuk menurunkan nilai derajat kejenuhan yang tinggi di simpang empat Pasar Sibuhuan dapat dilakukan dengan meningkatkan kapasitas di simpang, sehingga dapat mengurangi tundaan dan antrian. Alternatif solusi perbaikan simpang yang diusulkan adalah sebagai berikut:

- 1) Alternatif I, meminimalisirkan hambatan samping dengan diberlakukannya rambu larangan parkir disisi jalan.
- 2) Alternatif II, pelebaran pendekat jalan minor menjadi 5,1 m.
- 3) Alternatif III, penggabungan alternatif I dan alternatif II.
- 4) Alternatif III, merubah simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal.

Untuk lebih jelasnya mengenai alternatif yang diusulkan pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara sebagai simpang tak bersinyal.dapat dilihat sebagai berikut.

5.4.1 Alternatif I (Meminimalisirkan Hambatan Samping)

Pada alternatif I, tetap mempertahankan simpang empat tak bersinyal pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara sebagai simpang tak bersinyal. Tetapi dilakukan dengan memperkecil hambatan samping pada semua keempat pendekat masing-masing menjadi kategori hambatan samping rendah. Hal ini dikarenakan kondisi hambatan samping pada keadaan geometrik eksisting pada semua pendekat adalah tinggi.Yang dimaksud perkecil hambatan samping adalah Memberi rambu larangan parkir disisi jalan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut



Gambar 5.7 Kondisi Geometrik Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan Pada Alternatif I

1. Kapasitas Simpang

a. Kapasitas (C_0)

Simpang empat Pasar Sibuhuan merupakan simpang tak bersinyal dengan jumlah 2 jalur dan 2 lajur, dengan tipe simpang tipe simpang 422. Sehingga kapasitas dasar simpang tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2 dengan nilai kapasitas dasar (C_0) adalah 2900 smp jam.

b. Faktor penyesuaian lebar pendekat (F_w)

Berdasarkan MKJI 1997, nilai W_I didapat dari perhitungan berikut:

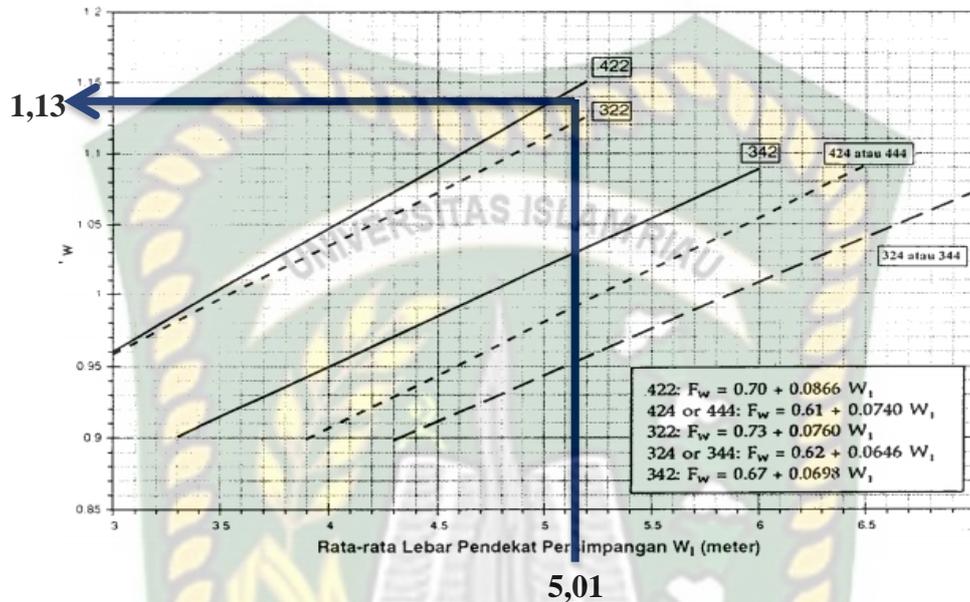
$$W_I = (a + b + c + d) / \text{lengan simpang}$$

$$\begin{aligned} W_I &= (4,95 + 4,60 + 5,30 + 5,20) / 4 \\ &= 5,01 \text{ m} \end{aligned}$$

Dalam menentukan faktor penyesuaian lebar pendekat pada simpang Empat Pasar Sibuhuan, dapat dilihat pada perhitungan dan Gambar 5.2 dibawah ini.

$$\begin{aligned} F_w &= 0,70 + 0,0866 \times W_I \\ &= 0,70 + 0,0866 \times 5,01 \\ &= 1,13 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai faktor penyesuaian untuk lebar pendekat pada simpang empat Pasar Sibuhuan pada alternatif I adalah sebesar 1,13, maka diperoleh Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w) Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan

c. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU})

Kawasan disekitar simpang empat Pasar Sibuhuan merupakan kawasan komersial yang didominasi oleh ruko/ pertokoan dengan hambatan samping yang tinggi. Namun setelah diperkecil hambatan samping dengan memberlakukan larangan parkir disisi simpang, hambatan samping pada simpang tersebut menjadi rendah. untuk mendapat nilai faktor penyesuaian hambatan samping pada alternatif I dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU}) Alternatif I

Kelas Tipe Lingkungan Jalan (RE)	Kelas Hambatan Samping (SF)	Rasio Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU})					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses Terbatas	Tinggi/Sedang/Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

(Sumber: (MKJI 1997))

Dari Tabel 5.10 diatas nilai faktor penyesuaian hambatan samping (F_{RSU}) diperoleh dengan cara interpolasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dibaawah ini.

0,10	0,86
0,11	X
0,15	0,81

$$X = 0,86 + \left[\frac{0,11-0,10}{0,15-0,10} \right] \times (0,81-0,86)$$

$$= 0,86 + (-0,01)$$

$$= 0,85$$

Maka nilai F_{RSU} untuk hambatan samping rendah adalah sebesar 0,85.

Tabel 5.11 Hasil Analisa Kapasitas (C) simpang empat Pasar Sibuhuan Pada Jam Puncak Maksimum

Pilihan Alternatif	Kapasitas dasar Co (smp/jam)	Faktor penyesuaian kapasitas							Kapasitas (C) (smp/jam)
		Lebar Pendekat rata-rata F _w	Median jalan utama F _M	Ukuran kota F _{Cs}	Hambatan samping F _{RSU}	Belok kiri F _{LT}	Belok kanan F _{RT}	Rasio minor / total F _{MI}	
I	2900	1,13	1	0,88	0,85	1,38	1	0,89	3017,46

Sumber: Hasil Analisa 2020

Setelah delapan variabel yang dibutuhkan untuk menghitung kapasitas aktual simpang diketahui. Maka langkah selanjutnya yaitu memasukkan nilai variabel tersebut kedalam rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 C &= C_o \times F_w \times F_M \times F_{Cs} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \\
 &= 2900 \times 1,13 \times 1 \times 0,88 \times 0,85 \times 1,38 \times 1 \times 0,89 \\
 &= 3017,46 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Nilai kapasitas alternatif I simpang empat Pasar Sibuhuan adalah sebesar 3.803,64 smp/jam.

2. Perilaku Lalu Lintas

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan perhitungan perilaku lalu lintas pada simpang tak bersinyal dalam MKJI yang meliputi derajat kejenuhan (DS), tundaan, dan peluang antrian diperoleh hasil analisa sebagai berikut.

Tabel 5.12 Perilaku Lalu Lintas Alternatif I

Pilihan Alternatif	Arus Lalu Lintas (smp/jam)	Faktor penyesuaian kapasitas								Sasaran
		Derajat Kejenuhan	Tundaan Lalu Lintas Simpang (det/smp)	Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (det/smp)	Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (det/smp)	Tundaan Geometrik Simpang (det/smp)	Tundaan Simpang (det/smp)	Peluang Antrian (QP %)		
								Batas Bawah	Batas Atas	
Q	DS	DT _I	DT _{MA}	DT _{MI}	DG	D	Batas Bawah	Batas Atas		
I	2341	0,78	8,62	6,37	14,51	4,22	12,84	24,33	48,53	DS < 0,75

Sumber: Hasil Analisa 2020

a. Derajat Kejenuhan (DS)

Untuk menghitung DS diperlukan data masukan berupa kapasitas alternatif I (C) dan arus lalu lintas total pada jam sibuk maksimum yang melewati simpang (Q_{TOT}), dimana kedua komponen tersebut dihitung dalam satuan smp/jam. Dengan nilai kapasitas alternatif I (C) sebesar 3017,46 dengan nilai arus lalu lintas total (Q_{TOT}) sebesar 2341 smp/jam maka besaran derajat kejenuhan (DS) adalah sebagai berikut.

$$DS = \frac{Q}{C}$$

$$DS = \frac{2341}{3017,46}$$

$$= 0,78$$

Berdasarkan hasil perhitungan besarnya derajat kejenuhan persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan untuk alternatif I sebesar 0,78, dimana nilai derajat kejenuhannya belum memenuhi sasaran.

b. Tundaan

Tundaan yang dihitung adalah tundaan lalu lintas simpang (DT_1), tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA}), tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}), tundaan geometrik simpang (DG), dan tundaan simpang (D) hasil perhitungannya sebagai berikut

a) Tundaan Lalu Lintas Simpang (DT_1)

Untuk derajat kejenuhan (DS) $> 0,6$ digunakan persamaan 3.5 sebagai berikut:

$$DT_1 = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2}$$

$$DT_1 = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times 0,78) - (1 - 0,78) \times 2}$$

$$= 8,62 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan lalu lintas simpang (DT_1) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan untuk DT_1 pada alternatif I adalah sebesar 8,19 det/smp.

b) Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (DT_{MA})

Tundaan lalu lintas jalan minor dihitung menggunakan Persamaan 3.8 berikut

$$DT_{MA} = \frac{1,05034}{(0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8}$$

$$DT_{MA} = \frac{1,05034}{(0,346 - 0,246 \times 0,78) - (1 - 0,78) \times 1,8}$$

$$= 6,37 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA}) pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diatas diperoleh nilai untuk DT_{MA} pada alternatif I adalah sebesar 6,37 det/smp.

c) Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DT_{MI})

Tundaan lalu lintas jalan minor dihitung menggunakan Persamaan 3.9 berikut

$$DT_{MI} = \frac{Q_{TOT} \times D_{TI} - Q_{MA} \times DT_{MA}}{Q_{MI}}$$

$$DT_{MI} = \frac{2341 \times 8,62 - 1294 \times 6,37}{1048}$$

$$= 14,51 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}) pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diatas diperoleh nilai DT_{MI} untuk alternatif I adalah sebesar 14,51 det/smp.

d) Tundaan Geometri Simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometri rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. Dalam MKJI 1997 untuk $DS < 1,0$ nilai tundaan simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut

$$DG = (1 - DS) \times (P_T \times 6 + (1 - P_T) \times 3) + DS \times 4$$

$$DG = (1 - 0,78) \times (0,66 \times 6 + (1 - 0,66) \times 3) + 0,78 \times 4$$

$$= 0,22 \times 4,98 + 3,12$$

$$= 4,216 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan geometrik simpang (DG) pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai tundaan geometrik simpang (DG) untuk alternatif I adalah sebesar 4,216 det/smp.

e) Tundaan Simpang (D)

Tundaan simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.12 berikut

$$D = DG + DT_1$$

$$D = 4,216 + 8,62$$

$$= 12,84 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan simpang (D) pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai tundaan simpang (D) untuk alternatif I adalah sebesar 12,84 det/smp.

f) Peluang Antrian

Untuk menghitung peluang antrian, data masukan yang digunakan adalah derajat kejenuhan (DS) dengan menggunakan persamaan 3.13 untuk batas bawah dan 3.14 untuk batas atas sebagai berikut.

Batas bawah

$$QP \% = 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3$$

$$QP \% = 9,02 \times 0,78 + 20,66 \times 0,78^2 + 10,49 \times 0,78^3$$

$$= 7,036 + 12,569 + 4,978$$

$$= 24,33 \%$$

Batas atas

$$QP \% = 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3$$

$$QP\% = 47,71 \times 0,78 - 24,68 \times 0,78^2 + 56,47 \times 0,78^3$$

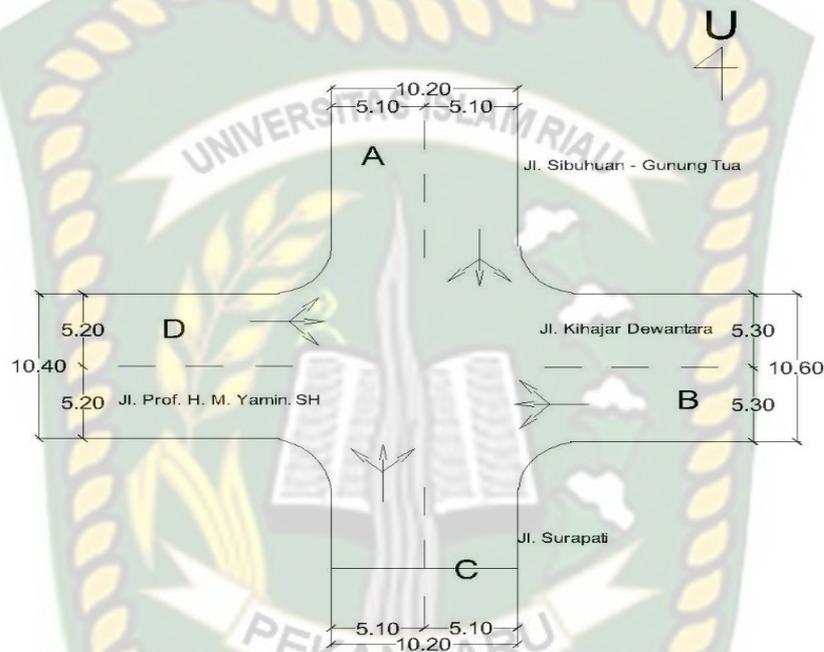
$$= 37,214 - 15,015 + 26,798$$

$$= 48,53 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan peluang antrian (QP%) pada alternatif I diatas, diperoleh nilai peluang antrian (QP%) untuk batas bawah sebesar 24,33 % dan peluang antrian (QP%) untuk batas atas sebesar 48,33 %.

5.4.2 Alternatif II (Pelebaran Jalan Minor Menjadi 5,10 m)

Pada alternatif II juga akan mempertahankan simpang empat tak bersinyal pada jalan simpang empat Pasar Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara sebagai simpang tak bersinyal, tetapi dilakukannya pelebaran jalan minor. Spesifikasi alternatif penanganan II di perlihatkan pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Kondisi Geometrik Persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan Pada Alternatif II

Analisa dilakukan berdasarkan pada Tabel 5.5 pada jam puncak maksimum, dengan analisa sebagai berikut:

1. Kapasitas Simpang

a. Kapasitas (C_0)

Simpang empat Pasar Sibuhuan merupakan simpang tak bersinyal dengan jumlah 2 jalur dan 2 lajur, dengan tipe simpang tipe simpang 422. Sehingga kapasitas dasar simpang tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2 dengan nilai kapasitas dasar (C_0) adalah 2900 smp jam.

b. Faktor penyesuaian lebar pendekat (F_w)

Berdasarkan MKJI 1997, nilai W_1 didapat dari perhitungan berikut:

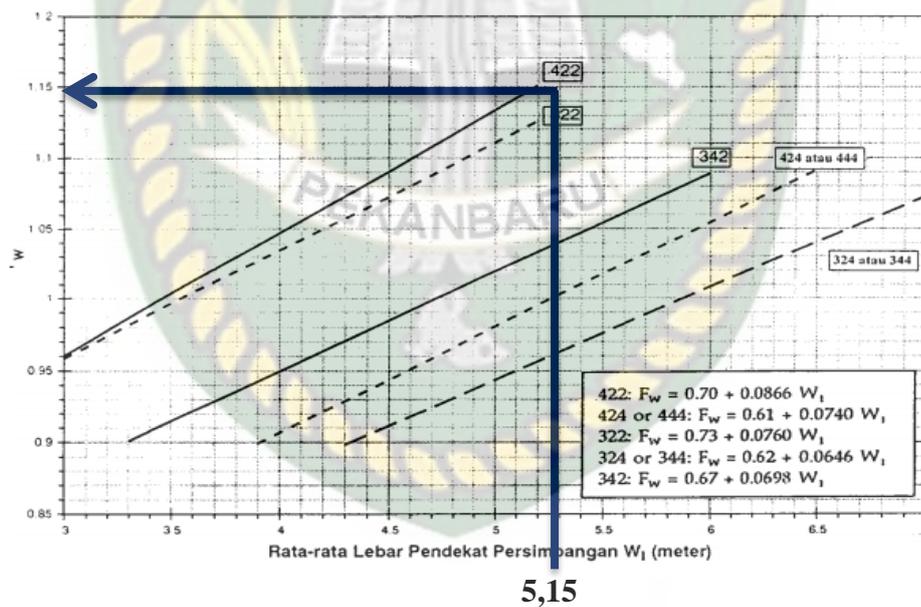
$$W_I = (a + b + c + d) / \text{lengan simpang}$$

$$\begin{aligned} W_I &= (5,10 + 5,10 + 5,30 + 5,20) / 4 \\ &= 5,18 \text{ m} \end{aligned}$$

Dalam menentukan faktor penyesuaian lebar pendekat pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, dapat dilihat pada perhitungan dan Gambar 5.8 dibawah ini.

$$\begin{aligned} F_W &= 0,70 + 0,0866 \times W_I \\ &= 0,70 + 0,0866 \times 5,18 \\ &= 1,15 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai faktor penyesuaian untuk lebar pendekat pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan pada alternatif II adalah sebesar 1,15, maka diperoleh grafik sebagai berikut.



Gambar 5.10 Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w)

Tabel 5.13 Hasil Analisa Kapasitas (C) Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan Pada Jam Puncak Maksimum

Pilihan Alternatif	Kapasitas Dasar Co (smp/jam)	Faktor penyesuaian kapasitas							Kapasitas (C) (smp/jam)
		Lebar Pendekat rata-rata Fw	Median jalan utama FM	Ukuran kota Fcs	Hambatan samping FRsu	Belok kiri FLt	Belok kanan FRt	Rasio mino/ total FMI	
II	2900	1,15	1	0,88	0,83	1,38	1	0,89	2982,65

Sumber: Hasil Analisa 2020

Setelah delapan variabel yang dibutuhkan untuk menghitung kapasitas aktual simpang diketahui. Maka langkah selanjutnya yaitu memasukkan nilai variabel tersebut kedalam rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 C &= C_o \times F_w \times F_M \times F_{cs} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \\
 &= 2900 \times 1,15 \times 1 \times 0,88 \times 0,83 \times 1,38 \times 1 \times 0,89 \\
 &= 2982,65 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Nilai kapasitas (C) alternatif II pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah sebesar 2.982,65 smp/jam..

2. Perilaku Lalu Lintas

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan perhitungan perilaku lalu lintas pada simpang tak bersinyal dalam MKJI yang meliputi derajat kejenuhan (DS), tundaan, dan peluang antrian diperoleh hasil analisa sebagai berikut.

Tabel 5.14 Perilaku Lalu Lintas Alternatif II

Pilihan Alternatif	Arus Lalu Lintas (smp/jam)	Faktor penyesuaian kapasitas								Sasaran
		Derajat Kejenuhan	Tundaan Lalu Lintas Simpang (det/smp)	Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (det/smp)	Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (det/smp)	Tundaan Geometrik Simpang (det/smp)	Tundaan Simpang (det/smp)	Peluang Antrian (QP %)		
								Batas Bawah	Batas Atas	
II	2341	0,78	8,79	6,48	11,64	4,21	13,00	24,88	49,55	DS < 0,75

Sumber: Hasil Analisa 2020

a. Derajat Kejenuhan (DS)

Untuk menghitung DS diperlukan data masukan berupa kapasitas (C) alternatif dan arus lalu lintas total (Q_{TOT}) maksimum pada jam sibuk yang melewati simpang, dimana kedua komponen tersebut dihitung dalam satuan smp/jam. Dengan nilai kapasitas (C) sebesar 2982,65 smp/jam dengan nilai arus lalu lintas total (Q_{TOT}) maksimum sebesar 2341 smp/jam, maka besaran derajat kejenuhan (DS) adalah sebagai berikut.

$$DS = \frac{Q}{C}$$

$$DS = \frac{2341}{2982,65}$$

$$= 0,78$$

Berdasarkan hasil perhitungan besarnya derajat kejenuhan persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan untuk alternatif II adalah sebesar 0,78, dimana nilai derajat kejenuhannya masih jenuh yaitu $DS > 0,75$.

b. Tundaan

Tundaan yang dihitung adalah tundaan lalu lintas simpang (DT_1), tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA}), tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}), tundaan geometrik simpang (DG), dan tundaan simpang (D) hasil perhitungannya sebagai berikut

a) Tundaan Lalu Lintas Simpang (DT_1)

Untuk derajat kejenuhan (DS) $> 0,6$ digunakan persamaan 3.5 sebagai berikut:

$$DT_1 = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2}$$

$$DT_1 = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times 0,78) - (1 - 0,78) \times 2}$$

$$= 8,79 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan lalu lintas simpang (DT_1) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai untuk DT_1 pada alternatif II adalah sebesar 8,79 det/smp.

b) Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (DT_{MA})

Tundaan lalu lintas jalan minor dihitung menggunakan Persamaan 3.8 berikut

$$DT_{MA} = \frac{1,05034}{(0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8}$$

$$DT_{MA} = \frac{1,05034}{(0,346 - 0,246 \times 0,78) - (1 - 0,78) \times 1,8}$$

$$= 6,48 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA}) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai untuk DT_{MA} pada alternatif II sebesar 6,48 det/smp.

c) Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DT_{MI})

Tundaan lalu lintas jalan minor dihitung menggunakan Persamaan 3.9 berikut

$$DT_{MI} = \frac{Q_{TOT} \times DT_I - Q_{MA} \times DT_{MA}}{Q_{MI}}$$

$$DT_{MI} = \frac{2341 \times 8,62 - 1294 \times 6,48}{1048}$$

$$= 11,64 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai DT_{MI} untuk alternatif II adalah sebesar 11,64 det/smp.

d) Tundaan Geometri Simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometri rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. Dalam MKJI 1997 untuk $DS < 1,0$ nilai tundaan simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut

$$DG = (1 - DS) \times (P_T \times 6 + (1 - P_T) \times 3) + DS \times 4$$

$$DG = (1 - 0,78) \times (0,66 \times 6 + (1 - 0,66) \times 3) + 0,78 \times 4$$

$$= 0,22 \times 4,98 + 3,12$$

$$= 4,216 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan geometrik simpang (DG) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai DG untuk alternatif II sebesar adalah 4,216 det/smp.

e) Tundaan Simpang (D)

Tundaan simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.12 berikut

$$D = DG + DT_1$$

$$D = 4,216 + 8,79$$

$$= 13,00 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan simpang (D) di simpang Empat Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai tundaan simpang (D) untuk alternatif II adalah sebesar 13,00 det/smp.

f) Peluang Antrian

Untuk menghitung peluang antrian, data masukan yang digunakan adalah derajat kejenuhan (DS) dengan menggunakan persamaan 3.13 untuk batas bawah dan 3.14 untuk batas atas sebagai berikut.

Batas bawah

$$QP \% = 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3$$

$$QP \% = 9,02 \times 0,78 + 20,66 \times 0,78^2 + 10,49 \times 0,78^3$$

$$= 5,417 + 12,570 + 4,978$$

$$= 24,88 \%$$

Batas atas

$$QP \% = 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3$$

$$QP\% = 47,71 \times 0,78 - 24,68 \times 0,78^2 + 56,47 \times 0,78^3$$

$$= 37,214 - 15,015 + 26,798$$

$$= 49,55 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan peluang antrian (QP%) pada alternatif II diatas, diperoleh nilai peluang antrian (QP%) untuk batas bawah sebesar 24,88 % dan peluang antrian (QP%) untuk batas atas sebesar 49,55 %.

5.4.3 Alternatif III (Penggabungan Alternatif I dan Alternatif II)

Pada alternatif ini juga mempertahankan simpang tak bersinyal pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara sebagai simpang tak bersinyal, dengan dilakukannya penggabungan alternatif I dan II.

1. Kapasitas Simpang

Kapasitas simpang pada alternatif III ini lebih tinggi dari alternatif I dan alternatif II, di karenakan pada alternatif III ini dilakukakn penggabungan dari alternatif I dan alternatif. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 5.15 Hasil Analisa Kapasitas (C) Persimpangan Tak Bersinyal Pasar Sibuhuan Pada Jam Puncak Maksimum

Pilihan Alternatif	Kapasitas Dasar Co (smp/jam)	Faktor penyesuaian kapasitas							Kapasitas (C) (smp/jam)
		Lebar Pendekat rata-rata F _w	Median jalan utama F _M	Ukuran kota F _{Cs}	Hambatan samping F _{RSU}	Belok kiri F _{LT}	Belok kanan F _{RT}	Rasio minor /total F _{MI}	
III	2900	1,15	1	0,88	0,85	1,38	1	0,89	3054,90

Sumber: Hasil Analisa 2020

Setelah delapan variabel yang dibutuhkan untuk menghitung kapasitas aktual simpang diketahui. Maka langkah selanjutnya yaitu memasukkan nilai variabel tersebut kedalam rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 C &= C_o \times F_w \times F_M \times F_{Cs} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \\
 &= 2900 \times 1,15 \times 1 \times 0,88 \times 0,85 \times 1,38 \times 1 \times 0,89 \\
 &= 3054,90 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Nilai kapasitas (C) alternatif III pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah sebesar 3.054,90 smp/jam..

2. Perilaku Lalu Lintas

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan perhitungan perilaku lalu lintas pada simpang tak bersinyal dalam MKJI yang meliputi derajat kejenuhan (DS), tundaan, dan peluang antrian diperoleh hasil analisa sebagai berikut.

Tabel 5.16 Perilaku Lalu Lintas Alternatif III

Pilihan Alternatif	Arus Lalu Lintas (smp/jam)	Faktor penyesuaian kapasitas								Sasaran
		Derajat Kejenuhan	Tundaan Lalu Lintas Simpang (det/smp)	Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (det/smp)	Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (det/smp)	Tundaan Geometrik Simpang (det/smp)	Tundaan Simpang (det/smp)	Peluang Antrian (QP %)		
								Batas Bawah	Batas Atas	
Q	DS	DT _I	DT _{MA}	DT _{MI}	DG	D	Batas Bawah	Batas Atas		
III	2341	0,77	8,46	6,25	11,18	4,23	12,69	23,76	47,48	DS < 0,75

Sumber: Hasil Analisa 2020

a. Derajat Kejenuhan (DS)

Untuk menghitung DS diperlukan data masukan berupa kapasitas (C) alternatif dan arus lalu lintas total (Q_{TOT}) maksimum pada jam sibuk yang melewati simpang, dimana kedua komponen tersebut dihitung dalam satuan smp/jam. Dengan nilai kapasitas (C) sebesar 3054,90 smp/jam dengan nilai arus lalu lintas total (Q_{TOT}) maksimum sebesar 2341 smp/jam, maka besaran derajat kejenuhan (DS) adalah sebagai berikut.

$$DS = \frac{Q}{C}$$

$$DS = \frac{2341}{3054,90}$$

$$= 0,77$$

Berdasarkan hasil perhitungan besarnya derajat kejenuhan persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan untuk alternatif III adalah sebesar 0,77, dimana nilai derajat kejenuhannya masih jenuh yaitu $DS > 0,75$.

b. Tundaan

Tundaan yang dihitung adalah tundaan lalu lintas simpang (DT_I), tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA}), tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}), tundaan geometrik simpang (DG), dan tundaan simpang (D) hasil perhitungannya sebagai berikut

a) Tundaan Lalu Lintas Simpang (DT_I)

Untuk derajat kejenuhan (DS) $> 0,6$ digunakan persamaan 3.5 sebagai berikut:

$$DT_I = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2}$$

$$DT_I = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times 0,77) - (1 - 0,77) \times 2}$$

$$= 8,46 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan lalu lintas simpang (DT_I) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai untuk DT_I pada alternatif III adalah sebesar 8,46 det/smp.

b) Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (DT_{MA})

Tundaan lalu lintas jalan minor dihitung menggunakan Persamaan 3.8 berikut

$$DT_{MA} = \frac{1,05034}{(0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8}$$

$$DT_{MA} = \frac{1,05034}{(0,346 - 0,246 \times 0,77) - (1 - 0,77) \times 1,8}$$

$$= 6,25 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA}) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai untuk DT_{MA} pada alternatif III sebesar 6,25 det/smp.

c) Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DT_{MI})

Tundaan lalu lintas jalan minor dihitung menggunakan Persamaan 3.9 berikut

$$DT_{MI} = \frac{Q_{TOT} \times DT_I - Q_{MA} \times DT_{MA}}{Q_{MI}}$$

$$DT_{MI} = \frac{2341 \times 8,62 - 1294 \times 6,25}{1048}$$

$$= 11,18 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}) di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai DT_{MI} untuk alternatif III adalah sebesar 11,18 det/smp.

d) Tundaan Geometri Simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometri rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. Dalam MKJI 1997 untuk $DS < 1,0$ nilai tundaan simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut

$$DG = (1-DS) \times (P_T \times 6 + (1-P_T) \times 3) + DS \times 4$$

$$\begin{aligned} DG &= (1-0,77) \times (0,66 \times 6 + (1-0,66) \times 3) + 0,77 \times 4 \\ &= 0,23 \times 4,98 + 3,08 \\ &= 4,23 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan geometrik simpang (DG) di simpang Empat Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai DG untuk alternatif III sebesar 4,23 det/smp.

e) Tundaan Simpang (D)

Tundaan simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.12 berikut

$$\begin{aligned} D &= DG + DT_1 \\ D &= 4,23 + 8,46 \\ &= 12,69 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan simpang (D) di simpang Empat Pasar Sibuhuan diatas, diperoleh nilai tundaan simpang (D) untuk alternatif III adalah sebesar 12,69 det/smp.

f) Peluang Antrian

Untuk menghitung peluang antrian, data masukan yang digunakan adalah derajat kejenuhan (DS) dengan menggunakan persamaan 3.13 untuk batas bawah dan 3.14 untuk batas atas sebagai berikut.

Batas bawah

$$\begin{aligned} QP \% &= 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3 \\ QP \% &= 9,02 \times 0,77 + 20,66 \times 0,77^2 + 10,49 \times 0,77^3 \\ &= 6,945 + 12,249 + 4,789 \\ &= 23,76 \% \end{aligned}$$

Batas atas

$$\begin{aligned} QP \% &= 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3 \\ QP \% &= 47,71 \times 0,77 - 24,68 \times 0,77^2 + 56,47 \times 0,77^3 \end{aligned}$$

$$= 36,737 - 14,633 + 25,780$$

$$= 47,48 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan peluang antrian (QP%) pada alternatif III diatas, diperoleh nilai peluang antrian (QP%) untuk batas bawah sebesar 23,76 % dan peluang antrian (QP%) untuk batas atas sebesar 47,48 %.

5.4.4 Alternatif IV (Merubah Simpang Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal)

Kinerja simpang pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara setelah dilakukan pengcilan hambatan samping, pelebaran jalan minor sudah memenuhi kriteria kecuali pada jam puncak pagi pada hari senin, nilai derajat kejenuhannya belum memenuhi kriteria. Untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal, di buat alternatif IV dengan merubah simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal terhadap kondisi eksisting sesuai dengan rumus yang telah ditetapkan dalam MKJI 1997. Simpang bersinyal yang direncanakan pada alternatif IV ini menggunakan 2 fase.

Berdasarkan MKJI 1997, pengaturan 2 fase digunakan sebagai kasus dasar atau kejadian dasar, karena biasanya menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tundaan rata-rata lebih rendah daripada tipe fase sinyal yang lain. Pemasangan sinyal 2 fase pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara, direncanakan sebagai berikut:

- Pendekat Timur (Jl. Kihajar Dewantara) dan Pendekat Barat (Jl. Prof. H. M. Yamin SH) merupakan Fase 1
- Pendekat Utara (Jl. Sibuhuan – Gunung Tua) dan Pendekat Selatan (Jl. Surapati) merupakan Fase 2

Rekapitulasi kinerja persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara, pada alternatif IV (Pemasangan Sinyal Terhadap Kondisi Eksisting) disajikan dalam Tabel 5.17

Tabel 5.17 Kinerja Simpang Alternatif IV Pada Jam Puncak Maksimum

No	Pendekat	Kinerja Simpang Alternatif IV (Eksisting) 2 Fase
		Kapasitas smp/jam
1	Utara (Jl. Sibuhuan-Gunung Tua)	391,21
	Selatan (Jl. Surapati)	405,61
	Barat (Jl. Prof. H. M Yamin SH)	538,64
	Timur (Jl. Kihajar Dewantara)	467,33
		Derajat Kejenuhan (DS)
2	Utara (Jl. Sibuhuan-Gunung Tua)	0,58
	Selatan (Jl. Surapati)	0,58
	Barat (Jl. Prof. H. M Yamin SH)	0,58
	Timur (Jl. Kihajar Dewantara)	0,58
		Panjang Antrian (m)
3	Utara (Jl. Sibuhuan-Gunung Tua)	23,05
	Selatan (Jl. Surapati)	24,62
	Barat (Jl. Prof. H. M Yamin SH)	21,21
	Timur (Jl. Kihajar Dewantara)	21,25
		Tundaan Simpang (det/smp)
4	Utara (Jl. Sibuhuan-Gunung Tua)	15,45
	Selatan (Jl. Surapati)	14,95
	Barat (Jl. Prof. H. M Yamin SH)	13,56
	Timur (Jl. Kihajar Dewantara)	14,09

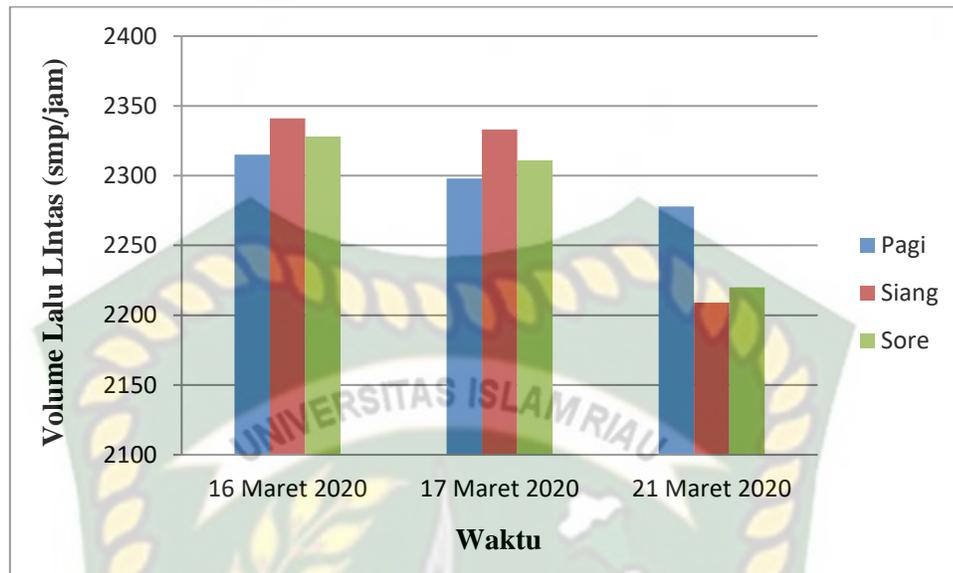
Sumber: Hasil Analisa 2020

Berdasarkan Tabel 5.17 diketahui kinerja simpang pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara dengan penerapan alternatif IV sudah optimal. Hal ini dibuktikan dari hasil analisa yang diperoleh pada alternatif IV menghasilkan nilai DS yang sesuai dengan ketentuan DS maksimal pada MKJI 1997, yaitu nilai $DS < 0,85$. Pada pemasangan sinyal 2 fase, diperoleh nilai DS setiap pendekatan sebesar 0,58.

5.5 Pembahasan

Cara paling cepat untuk mengetahui kinerja dari suatu simpang dapat dilihat dari derajat kejenuhannya, untuk itu berdasarkan hasil analisa di atas dapat disimpulkan bahwa dari keempat alternatif yang dianalisis pada kondisi eksisting, alternatif I, alternatif II, dan alternatif III masih dalam keadaan jenuh. Karena derajat kejenuhannya pada jam puncak maksimum masih melebihi nilai yang ditetapkan MKJI 1997 dengan $DS > 0,75$, oleh karena itu dilakukannya perubahan simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal upaya meminimalisir tingkat kemacetan pada simpang empat Pasar Sibuhuan.

Arus lalu lintas diperoleh dari survey kendaraan yang melintasi Simpang Empat Pasar Sibuhuan selama 3 hari, yaitu 2 hari pada hari kerja mewakili hari Senin dan Selasa dan 1 hari pada hari tak kerja mewakili hari Sabtu. Dimana, survei dilakukan pada jam puncak yaitu jam puncak pagi, siang dan sore. Untuk jam paling padat terdapat pada hari senin yaitu pada jam 12.00-14.00 WIB dengan volume lalu lintas sebesar 2341 smp/jam. Grafik data kendaraan selama 3 hari dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut



Gambar 5.11 Volume Lalu Lintas (smp/jam) Pada Jam Puncak

Berdasarkan hasil volume lalu lintas di atas peneliti dapat mengetahui nilai derajat kejenuhan (DS) serta panjang antrian (QP%) yang terjadi di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, dimana pada kondisi jam puncak yang paling padat terdapat pada hari Senin jam 12.00-14.00 WIB. Setelah dilakukan analisa, didapatkan derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,86, dimana nilai $DS > 0,75$ maka dibuat usulan alternatif untuk mengurangi tingkat kemacetan yang terjadi pada Simpang Empat Pasar Sibuhuan.

5.5.1 Penerapan Alternatif Solusi

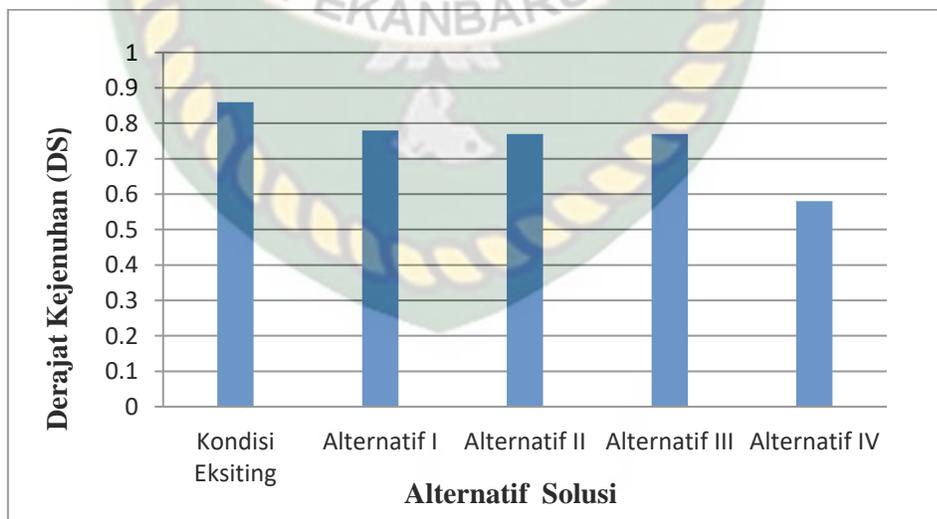
1. Kapasitas (C)

Pada penelitian ini dilakukan empat alternatif solusi yaitu meminimalisir hambatan samping, pelebaran jalan minor, meminimalisir hambatan samping dan pelebaran jalan minor, dan merubah simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal. Pada alternatif I Kapasitas (C) simpang sebesar 2707,06 smp/jam, pada alternatif II sebesar 3017,46 smp/jam, pada alternatif III sebesar 2982,65 smp/jam dan pada alternatif IV sebesar 538,64

smp/jam. Berdasarkan hasil analisa kinerja simpang pada empat alternatif diatas diketahui bahwa kapasitas (C) persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan yang paling tinggi adalah pada alternatif II dengan nilai kapasitas (C) sebesar 3017,46, dikarenakan pada alternatif II ini hambatan samping pada simpang rendah, sehingga nilai kapasitas (C) yang diperoleh tinggi. Sedangkan kapasitas (C) terendah terdapat pada alternatif IV, dikarenakan pada alternatif IV ini telah berubahnya simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal, sehingga nilai kapasitas (C) pada simpang menurun.

2. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat Kejenuhan pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan terjadi penurunan, dimana pada kondisi eksisting nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,86, alternatif I nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,78, pada alternatif II sebesar 0,77, pada alternatif III sebesar 0,77 dan pada alternatif IV sebesar 0,58. Oleh karena itu penerapan simpang bersinyal dengan 2 fase pada simpang empat Pasar Sibuhuan adalah alternatif yang paling tepat. Untuk lebih jelasnya grafik perbandingan tiap-tiap alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.

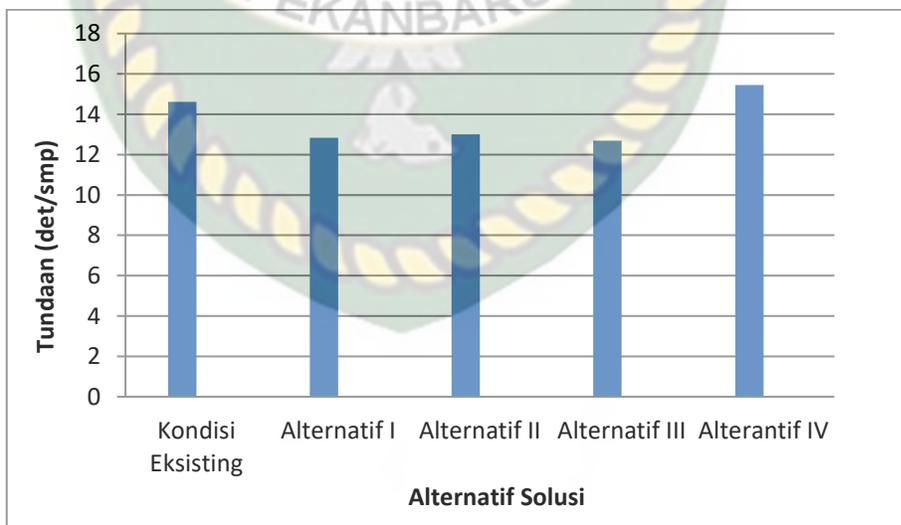


Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Derajat Kejenuhan (DS) Kondisi Eksisting dengan Alternatif Solusi

Berdasarkan Gambar 5.12 kinerja simpang pada empat alternatif diatas diketahui bahwa kinerja persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan yang paling optimal adalah alternatif IV dengan merubah simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal, dimana nilai derajat Kejenuhan yang diperoleh sebesar 0,58. Hal ini dibuktikan pada alternatif IV ini menghasilkan nilai DS yang sesuai dengan ketentuan DS maksimal pada MKJI 1997 pada simpang bersinyal, yaitu nilai $DS < 0,85$.

3. Tundaan (D)

Tundaan simpang pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan mengalami naik turun, dimana pada kondisi eksisting nilai tundaan simpang (D) sebesar 14,62 det/smp, pada alternatif I nilai sebesar 12,84 det smp, pada alternatif II sebesar 13,00 det/smp, pada alternatif III sebesar 12,69 det/smp, dan pada alternatif IV sebesar 15,45 det/smp. Berdasarkan hasil analisa tundaan simpang pada simpang empat Pasar Sibuhan tertinggi terdapat pada alternatif IV, dengan nilai tundaan sebesar 15,45 det/smp. Untuk lebih jelasnya grafik perbandingan Tundaan tiap-tiap alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.

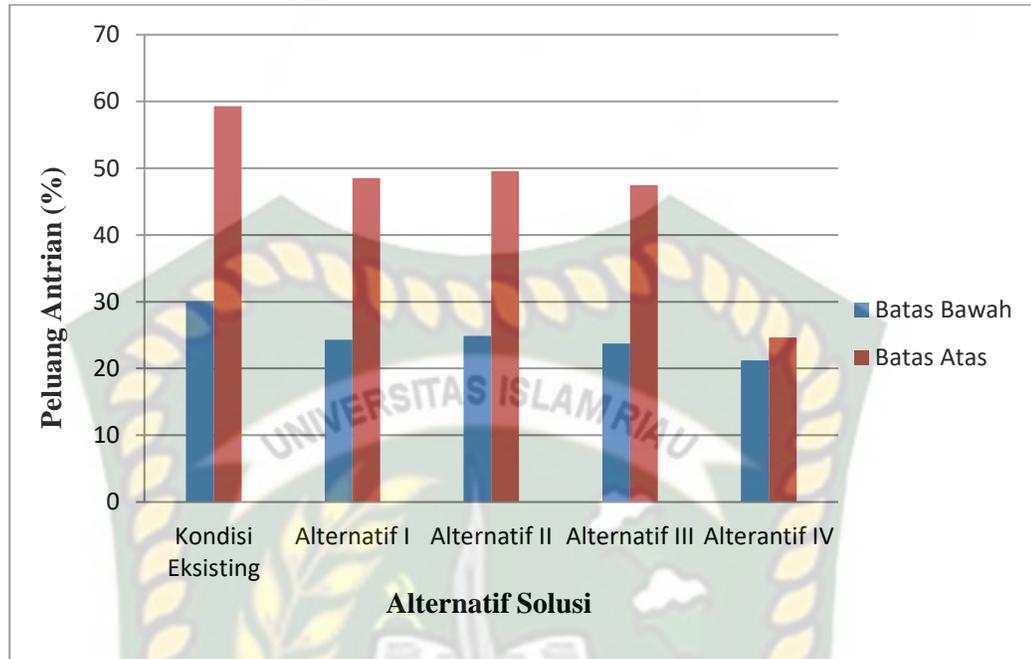


Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Tundaan Kondisi Eksisting dengan Alternatif Solusi

Berdasarkan Gambar 5.13 nilai Tundaan tertinggi pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhan terdapat pada alternatif IV, Hal ini dikarenakan berubahnya simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal. Meskipun nilai tundaan pada alternatif ini tinggi, namun pada alternatif inilah yang sangat disarankan untuk penerapan di simpang empat Pasar Sibuhuan. Sedangkan nilai tundaan terendah terdapat pada alternatif III, dengan nilai tundaan sebesar 12,64 det/smp. Hal ini dikarenakan pada alternatif III ini tetap mempertahankan simpang tak bersinyal dengan meminimalisir hambatan samping pada simpang dan pelebaran jalan minor menjadi 5,10 m. Namun pada alternatif ini tundaan lalu lintas simpang dan tundaan geometrik simpang rendah sehinggalah menyebabkan nilai tundaan simpang menjadi rendah.

4. Peluang Antrian

Peluang antrian persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan mengalami penurunan tetapi pada alternatif II terjadi kenaikan kurang lebih 0,1%, namun setelah itu terjadi penurunan lagi sampai alternatif IV. Dimana pada alternatif I nilai peluang antrian sebesar 24,33 - 48,53 %, pada alternatif II sebesar 24,88 - 49,55 %, pada alternatif III sebesar 23,76 - 47,48 %, dan pada alternatif IV sebesar 21,21 - 24,62 %. Untuk lebih jelasnya grafik perbandingan peluang antrian tiap-tiap alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5.14 Grafik Perbandingan Peluang Antrian (%) Kondisi Eksisting dengan Alternatif Solusi

Berdasarkan Gambar 5.14 Peluang antrian tertinggi pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhan terdapat pada kondisi eksisting, dengan nilai peluang antrian sebesar 30,03 - 59,32 %. Hal ini dikarenakan pada kondisi eksisting tersebut tetap memiliki hambatan samping tinggi sehingga menyebabkan nilai peluang antrian kondisi eksisting pada simpang empat Pasar Sibuhan menjadi tinggi. Sedangkan peluang antrian terendah terdapat pada alternatif IV, dengan nilai peluang antrian sebesar 21,21 - 24,62 %. Hal ini dikarenakan pada alternatif IV melakukan perubahan simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal sehingga nilai peluang antrian pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhan menjadi rendah.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Perbandingan Kinerja Eksisting dengan Alternatif I, Alternatif II, Alternatif III dan Alternatif IV Pada Jam Puncak Maksimum

No	Waktu	Kinerja	Kondisi Eksisting (Total)	Alternatif I (Total)	Alternatif II (Total)	Alternatif III (Total)	Alternatif IV (Per Lengan)
1	17 Maret 2020	Kapasitas (C) smp/jam	2707,06	3017,46	2982,65	3054,90	538,64
2		Derajat Kejenuhan (DS)	0,86	0,78	0,78	0,77	0,58
3		Tundaan Simpang (det/smp)	14,62	12,84	13,00	12,69	15,45
4		Panjang Antrian (%)	30,03 - 59,32	24,33 - 48,53	24,88 - 49,55	23,76 - 47,48	21,21 - 24,62

Sumber: Hasil Analisa 2020

Berdasarkan hasil perbandingan Tabel 5.18 di atas, menunjukkan bahwa dari keempat alternatif tersebut diperoleh nilai Kapasitas (C) paling tinggi adalah pada alternatif III dengan Kapasitas (C) 3054,90 smp/jam. Nilai Kapasitas (C) ini meningkat dari kondisi eksisting yaitu sebesar 2707,06 smp/jam. Hasil analisis kinerja lalu lintas yang diperoleh menunjukkan bahwa pada alternatif I, II, III dan IV terjadi penurunan nilai DS, sehingga tingkat pelayanan meningkat. Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka dari keempat alternatif tersebut yang paling optimal untuk penerapan di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan adalah alternatif IV dengan merubah simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal, dengan nilai derajat kejenuhan (DS) yang diperoleh sebesar 0,58.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil survey dan analisa kinerja simpang pada persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Volume lalu lintas jam puncak tertinggi terjadi pada hari Senin, 16 Maret 2020 di jam 12.00-14.00 WIB dengan volume lalu lintas sebesar 2341 smp/jam.
2. Hasil analisa kinerja simpang pada kondisi eksisting persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, Sumatera Utara yang dilakukan pada 2 (dua) hari sibuk (Senin dan Selasa), dan 1 (satu) hari tak sibuk (Sabtu) dengan 3 (tiga) sesi yaitu Pagi, Siang dan Sore dengan nilai DS > 0,75.
3. Pengaturan solusi alternatif yang dilakukan untuk mengoptimisasi kinerja persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan sebagai berikut:
 - a. Alternatif I (meinimalisir hambatan samping dari tinggi menjadi rendah)
 - b. Alternatif II (pelebaran jalan minor menjadi 5,10 m)
 - c. Alternatif III (penggabungan alternatif I dan II)
 - d. Alternatif IV (merubah simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal)
 - e. Nilai DS pada kondisi eksisting sebesar 0,86, setelah dilakukan penerapan simpang bersinyal pada persimpangan tak bersinyal pasar sibuhuan nilai DS menjadi 0,58 . Maka, nilai DS yang diperoleh sudah memenuhi persyaratan MKJI 1997 yaitu $DS < 0,85$ untuk simpang bersinyal.
4. Dari hasil perhitungan diatas terdapat perbedaan pada hasil kondisi eksisting dengan solusi alternatif yang dilakukan. Dimana pada kondisi eksisting nilai DS = 0,86 dengan tingkat pelayanan C, pada alternatif I nilai DS = 0,78 dengan tingkat pelayanan C, pada alternatif II nilai DS = 0,78 dengan tingkat pelayanan C, pada alternatif III nilai DS = 0,77 dengan tingkat pelayanan C dan pada alternatif IV nilai DS = 0,58 dengan tingkat pelayanan B. Maka dapat disimpulkan alternatif IV yang paling tepat untuk diterapkan pada

persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari penelitian ini maka dapat diambil saran sebagai berikut:

1. Dalam melakukan pengoptimalan kinerja simpang tak bersinyal terhadap salah satu solusi yaitu merubah simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal dengan 2 fase untuk meminimalisirkan kemacetan di lokasi persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan.
2. Dinas Perhubungan Kabupaten Padang Lawas diharapkan melakukan perbaikan geomterik, mengingat geometrik kondisi eksisting pada pendekat jalan minor yaitu Jl. Sibuhuan-Gunung Tua dan Jl. Surapati tidak seimbang.
3. Perlu segera dibuat pengaturan lalu lintas yang lebih baik pada persimpangan. Hal ini dianggap perlu dilakukan segera oleh pihak terkait demi meningkatkan pelayanan meminimalisirkan kemacetan di persimpangan tak bersinyal Pasar Sibuhuan, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara.
4. Penelitian selanjutnya, dapat mencoba metode lain atau menghitung pembiayaan pada alternatif yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. 2014. Analisa Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang PCI Cilegon. *Jurnal Teknik Sipil, Universitas Sultan Agung Tirtayasa.*
- Aji, Bayu Putro. 2019. Optimasi Kinerja Simpang Bersinyal Dengan Metode Fuzzy Logic Pada Simpang Lima Diponegoro Kota Madiun. *Jurnal Teknik Sipil / Vol. 04 No. 01, Oktober 2019.* Universitas Hasyim As'ari.
- Alamsyah, Alik Ansyori. 2008. *Rekayasa Lalu Lintas.* Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Alifian, D. C., Thoha, M. A., dan Harnen Sulistio, A. W. 2014. Kajian Manajemen Lalu Lintas Jaringan Jalan di Kawasan Terusan Ijen Kota Malang. *Jurnal Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 1-7.*
- Ari, Ramadhan Muhammad, Purwanto dan Sahrullah. 2015. Analisa Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus Pada Simpang Jl. Untung Suropati – Jl. Ir. Sutami – Jl. Selamat Riyadi Kota Samarinda). *Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945.*
- Budiman, Arief. 2016. Analisa Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Boru Kota Serang. *Jurnal Teknik Sipil, Universitas Sultan Agung Tirtayasa.*
- Caesar, D. 2014. Analisis Kinerja Jalan Akibat Pengaruh Hambatan Samping di Jalan Diponegoro Kota Banda Aceh. *Skripsi Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala.*
- Data Jumlah Penduduk Kabupaten Padang Lawas. Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Lawas. Sumatera Utara.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga “Manual Kapasitas Jalan Indonesi (MKJI) 1997”
- Fazlurrahman, Muhammad Iqbal. 2019. Analisis Kemacetan Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal (studi kasus: simpang Ir. H. Juanda – Raya Bogor). *Jurnal Teknik Sipil, Universitas Trisakti. Jakarta.*

- Hobbs, F. D., (Novi Listiana & Tri Subdiyo, 2019) 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*, Edisi Kedua. Penerbit Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Islami, Fahmi. 2012. *Jurnal Analisis Kinerja Simpang Jl. Dr. Setiabudhi – Jl. Sersan Bajuri*. Bandung.
- Juniardi. 2006. *Analisa Arus Lalu Lintas Di Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Timoho dan Simpang Tunjung di Kota Yogyakarta)*, Tesis Magister Teknik Sipil, Universitas Diponegoro Semarang.
- Listiana, Novi dan Tri Subdiyo. 2019. *Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan Raya Dramaga-Babulak Bogor, Jawa Barat. Jsil Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan / Vol. 04 No. 01, April 2019, 69-75.*
- Menteri Perhubungan RI, 2006. *Peraturan Menteri Perhubungan No KM 14 Tahun 2006 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas Di jalan*
- Panahatan, M. 2005. *Analisa Hambatan Samping Sebagai Akibat Penggunaan Lahan Sekitarnya Terhadap Kinerja Jalan Juanda Di Kota Bekasi*. Tesis, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2011 Tentang *Manajemen dan Rekayasa, Analisis Dampak, serta Manajemen Kebutuhan Lalu Lintas.*
- Pristianto, H. 2018. *Penulisan Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sorong.*
- Riyadi, Lutfi. 2011. *Studi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Manahan Atas Dasar Observase Ekuivalen Mobil Penumpang.* (E-Jurnal). Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Rorong, Novriyadi, Lintong Elisabeth dan Joice E. Wann. 2015. *Analisa Kinerja Simpang Tidak Bersinyal Di Ruas Jalan S. Parman Dan Jalan Di. Panjaitan. Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.11 November 2015 (747-758) ISSN: 2337-6732, 747-758.*

- Saleh, Pandu Abraham. 2015. Analisis Dan Alternatif Solusi Lalu Lintas Di Bundaran Jalan Teuku Umar Denpasar. *Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 4, Nomor 4, Tahun 2015, Halaman 415 – 427*
- Santoso, Agung. 2015. *Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Pada Simpang Lusani Dan Simpang Bank Jateng Di Kabupaten Purworej*. Skripsi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo.
- Sari, Risna Rismiana. 2015. Pengaruh Pemberlakuan Rekayasa Lalu Lintas Terhadap Derajat Kejenuhan Pada Simpang Jalan Pajajaran dan Jalan Pasirkaliki. *Jurnal Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung*
- Septyanto, K. 2015. Analisis Hambatan Samping Akibat Perdagangan Modern Jalan Brigjen Katamso Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Metro*.
- Sugihari, Pristiwa dan Wahyu Widodo. 2013. Analisis Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus: Simpang 3 Tak Bersinyal Jl. Raya Seturan – Jl. Raya Babarsari – Jl. Kledokan, Depok, Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Teknk Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
- Susilo, B. H. 2015. *Rekayasa Lalu Lintas*. Universitas Trisakti. Jakarta.
- Tamam, Muhammad Fikri, Budi Arief dan Andi Rahmah. 2016. Analisa Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Jalan Tegar Beriman – Jalan Raya Bogor). *Jurnal Teknik Sipil, Uniersitas Pakuan*.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang *Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan*.
- Wells G.R., “*Rekayasa Lalu Lintas*”, Penerbit BHRATARA 1983
- Wikrama, A.A.N.A Jaya. 2011. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 15, No. 1, Januari 2011, 58-71*

Wishnukoro. 2008. Analisis Simpang Empat Bersinyal Dengan Menggunakan Manajemen Lalu Lintas. Tugas Akhir. JTS, FTSPUII, Yogyakarta.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau