

KAJIAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL TERHADAP HAMBATAN SAMPING

(Studi Kasus : Simpang Empat Tanah Jua, Kota Wisata Bukittinggi, Sumatera Barat)

Eko Prayitno¹, Veronika²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta

ABSTRACT

Bukittinggi city as a dynamic tourist city has experienced rapid growth. Intersection land nevertheless, a tourist town bukittinggi is crossing the intersection, the traffic flow is very dense, and the lack of factor discipline of road users and coupled with the activity side friction at the intersection leading to a reduction the effective width of the road and the effect on traffic conditions at certain hours. This study aims to determine the density and feasibility of the intersection, knowing the value of the capacity and degree of saturation, the rate of arrest, delay traffic, delay geometric and delay in total by using a computer program that studies the intersection signalized due to the influence of the trash against the flow of traffic crossroads of Dr. -ing. Munawar Ahmad, M. Sc as user guides Indonesian road capacity. To obtain the data needed to assess the land intersection nevertheless, necessary field survey that will obtain accurate data in accordance with the conditions of the crossing. The results of the soil analysis nevertheless intersection, city tour is the value of the capacity of 148 bukittinggi smp/hour, the degree of saturation of 1,065 smp/hour over the limit permitted is 0.8 to 0.9, the rate of 5.245 stopping stop/ hour, 7.9 seconds geometric delay/smp, the total delay is 713.6 seconds/smp, queue length 615 m. So this intersection is saturated with a large queue length.

Keywords : *Signalized intersections, barriers Side, Traffic Flow*

ABSTRAK

Kota Bukittinggi sebagai kota wisata yang dinamis telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Persimpangan tanah jua, kota wisata bukittinggi adalah persimpangan bersinyal, arus lalu lintasnya sangat padat, serta kurangnya faktor disiplin dari pemakai jalan dan ditambah dengan aktifitas hambatan samping pada persimpangan yang mengakibatkan berkurangnya lebar efektif jalan dan berpengaruh pada kondisi lalu lintas pada jam-jam tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kepadatan dan kelayakan persimpangan, mengetahui nilai kapasitas dan derajat kejenuhan, angka henti, tundaan lalu lintas, tundaan geometrik dan tundaan total dengan menggunakan metode program komputer yaitu kajian persimpangan bersinyal akibat adanya pengaruh bak sampah terhadap arus lalu lintas dipersimpangan dari Dr-Ing. Ahmad Munawar, M.Sc sebagai panduan manual kapasitas jalan indonesia. Untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam mengkaji persimpangan tanah jua, dibutuhkan survai lapangan sehingga akan diperoleh data-data yang akurat sesuai dengan kondisi persimpangan. Hasil analisis persimpangan tanah jua, kota wisata bukittinggi adalah nilai kapasitas 148 smp/jam, derajat kejenuhan 1,065 smp/jam yang melewati batas yang diizinkan yaitu 0,8-0,9, angka henti 5,245 stop/jam, tundaan geometrik 7,9 detik/smp, tundaan total 713,6 detik/smp, panjang antrian 615 m. Jadi persimpangan ini jenuh dengan panjang antrian besar.

Kata Kunci : *Simpang Bersinyal, Hambatan Samping, Arus Lalu Lintas*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Bukittinggi sebagai kota wisata yang dinamis yang mengalami perkembangan dan penambahan penduduk yang pesat, memicu peningkatan aktifitas penduduk itu sendiri. Salah satu bagian dari jalan raya yang dianggap perlu untuk dianalisa serta dievaluasi adalah persimpangan, analisa kapasitas dan evaluasi pada persimpangan merupakan hal yang penting dalam menilai karakteristik dan seberapa besar tingkat pelayanan dari persimpangan tersebut, sebab tingkat

pelayanan pada suatu persimpangan memberikan efek yang signifikan dalam pengoperasian secara keseluruhan lalu lintas persimpangan (Khisty Jotin C dan Lall Kent B, 2003).

Salah satu bagian dari jalan raya yang dianggap perlu untuk dianalisa serta dievaluasi adalah persimpangan, analisa kapasitas dan evaluasi pada persimpangan merupakan hal yang penting dalam menilai karakteristik dan seberapa besar tingkat pelayanan dari persimpangan tersebut, sebab tingkat pelayanan pada suatu persimpangan memberikan efek yang signifikan dalam pengoperasian secara keseluruhan lalu lintas persimpangan. Faktor lain seperti lebar jalur, komposisi lalu lintas, kemiringan, serta kecepatan juga mempengaruhi tingkat pelayanan pada persimpangan.

Persimpangan tanah jua, bukittinggi adalah persimpangan bersinyal, dengan lalu lintas yang cukup padat dan adanya hambatan samping diperempatan simpang bersinyal, serta kurangnya faktor disiplin dari pemakai jalan yang saling berebut ruang untuk melewati persimpangan sehingga mengakibatkan adanya kemacetan yang sangat berpengaruh pada kondisi lalu lintas pagi hari, siang hari dan pada sore hari (Anisa, 2009).

1.2 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kepadatan dan kelayakan persimpangan, mengetahui nilai kapasitas dan derajat kejenuhan, angka henti, tundaan lalu lintas rerata, tundaan geometrik rerata dan tundaan total dengan menggunakan metode program komputer kajian persimpangan bersinyal dari (Munawar Ahmad, 2004) sebagai panduan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) akibat pengaruh bak sampah terhadap arus lalu lintas dipersimpangan bersinyal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari solusi serta jalan keluar yang terbaik untuk persimpangan tersebut berdasarkan hasil survey.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Persimpangan Jalan

Persimpangan adalah empat pertemuan dua buah jalan atau lebih, dimana pertemuan tersebut akan menimbulkan titik konflik akibat arus lalu lintas pada persimpangan. karena ruas jalan pada persimpangan digunakan bersama sama, maka kapasitas ruas jalan dibatasi oleh kapasitas persimpangan pada masing masing ujungnya.

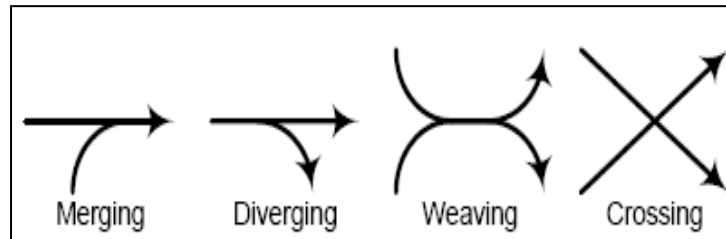
Banyak masalah pada persimpangan terjadi karena adanya pergerakan yang berkonflik yang membelok ke kanan (kendaraan kiri biasanya diberi pergerakan bebas). Solusinya adalah meningkatkan kapasitas persimpangan.

- a. Kita menggunakan sinyal/lampu lalu lintas untuk meningkatkan persimpangan sebidang.
- b. Terjadi evek hambatan samping didaerah persimpangan sebidang, lebar efektif jalan

Dari berbagai bentuk sifat dan tujuan gerakan kendaraan di persimpangan ada (4) jenis tipe dasar pergerakan lalu lintas pada persimpangan yaitu :

1. Memisah (*diverging*)

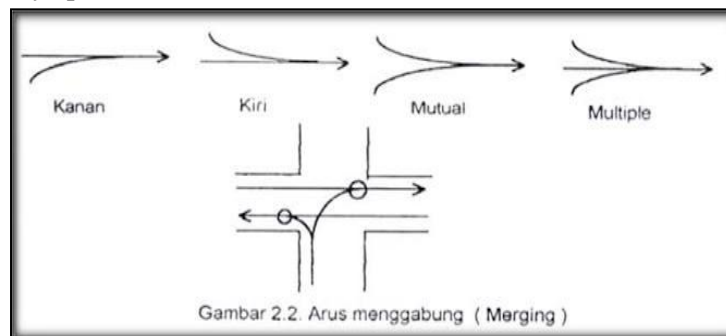
Memisah (*deverging*) adalah peristiwa berpecahnya pergerakan kendaraan tersebut sampai pada titik persimpangan, perencanaan yang memungkinkan gerakan memisah arus tanpa pengurangan tidak akan menimbulkan titik konflik dan daerah potensial kecelakaan.



Gambar 1. Simpang Memisah (*diverging*)
 Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2. Menggabung (*marging*)

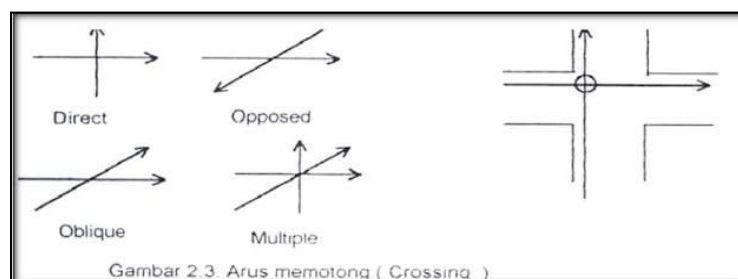
Menggabung (*marging*) adalah bergabungnya kendaraan yang bergerak dari beberapa ruas jalan ketika sampai pada titik persimpangan, persyaratan kritis adalah bahwa interval waktu dan jarak, diantara kedatangan kendaraan pada titik gabung, disesuaikan dengan kecepatan sendiri dan kendaraan yang datang berikutnya pada arus utama.



Gambar 2. Arus Menggabung (*marging*)
 Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

3. Berpotongan (*crossing*)

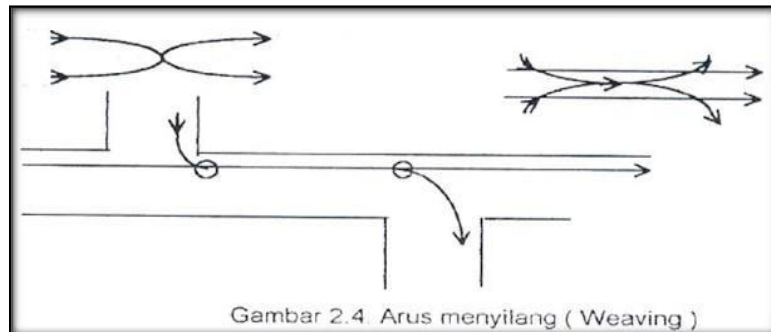
Berpotongan (*crossing*) adalah kendaraan yang ingin melakukan gerakan penyilangan (pemotongan) pada suatu arus lalu lintas. Gerakan penyilangan tanpa kontrol (yaitu tidak terdapat arus utama) sangat berbahaya sebab kedua pengemudi harus membuat keputusan yang memberikan hak untuk lewat terdahulu.



Gambar 3. Arus Memotong (*crossing*)
 Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

4. Menyilang (*weaving*)

Menyilang (*weaving*) adalah pengemudi atau kendaraan yang ingin melakukan gerakan menyilip atau berpindah jalur. Gerakan menyilip pada pertemuan jalan bersudut kecil (kurang dari 30 derajat).



Gambar 2.4 Arus menyilang (Weaving)

Gambar 4. Arus Meyilang (*wearing*)
 Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.2. Hambatan Samping

Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas. Banyaknya aktifitas disamping jalan sering menimbulkan berbagai konflik terhadap kelancaran lalu lintas, diperempatan tanah jua bukittinggi terdapat hambatan samping yaitu bak sampah yang sangat mengganggu kelancaran lalu lintas dipersimpangan tersebut.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi hambatan samping dengan frekuensi bobot kejadian per jam per 200 meter dari segmen jalan yang diamati, pada kedua sisi jalan.(MKJI 1997) seperti tabel berikut :

Tabel 1. Tipe Hambatan Samping

Tipe Kejadian Hambatan Samping	Simbol	Faktor Bobot
Pejalan kaki	PED	0,5
Kendaraan Parkir	PSV	1.0
Kendaraan masuk dan keluar sisi jalan	EEV	0,7
Kendaraan lambat	SMW	0,4

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Dalam menentukan nilai kelas hambatan samping digunakan rumus Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) :

$$SFC = PED + PSV + EED + SMW$$

Dimana :

SFC = Kelas hambatan samping

PED = Frekuensi pejalan kaki

PSV = Frekuensi bobot kendaraan parkir

EED = Frekuensi bobot kendaraan masuk/keluar sisi jalan

SMW = Frekuensi bobot kendaraan lambat

2.3. Cara Pengolahan Data Dengan Program Dr-Ing. Ir. Ahmad Munawar, M.Sc dan Sebagai Pedomannya Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)

a. SIG-I data-data masukan tentang kondisi geometrik, kondisi lalu-lintas dan kondisi lingkungan

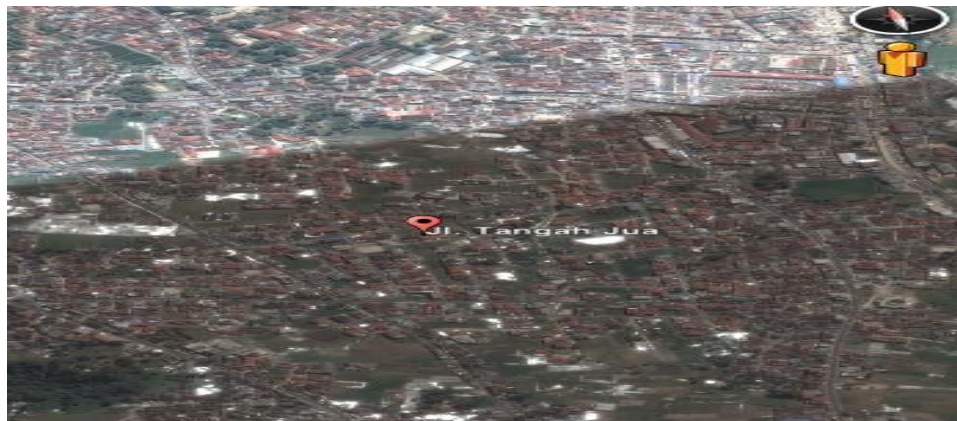
- b. SIG-II untuk menghitung arus lalu lintas
- c. SIG-III untuk menghitung
 - 1. Waktu antar hijau
 - 2. Waktu hilang
- d. SIG-IV untuk menghitung
 - 1. Penentuan waktu sinyal
 - 2. Kapasitas
- e. SIG-V untuk menghitung
 - 1. Panjang antrian
 - 2. Jumlah kendaraan terhenti
 - 3. Tundaan

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Sebagai sumber untuk mendapatkan data-data dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menetapkan salah satu persimpangan dari sekian banyak persimpangan yang ada di kota Bukittinggi sebagai objek penelitian (studi kasus).

Untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam menganalisa kapasitas dan tuntutan pada persimpangan jalan tanah jua bukit tinggi. Dibutuhkan survey lapangan sehingga akan diperoleh data-data yang akurat sesuai dengan kondisi persimpangan.



Gambar 5. Lokasi Penelitian

3.2. Cara Pengambilan Data

Data-data yang diperlukan untuk menganalisa derajat kejenuhan, tundaan simpang dan terjadinya peluang antrian yaitu :

- 1. Data volume lalu lintas setiap lengan persimpangan pada jam sibuk
- 2. Data geometrik jalan (lebar dan jumlah jalur)
- 3. Data keadaan lingkungan dan tata guna lahan dipersimpangan

Survey dilakukan pada jam-jam sibuk untuk masing-masing lengan persimpangan yaitu :

1. Pagi hari pukul 07.00 - 09.00 Wib
2. Siang hari pukul 12.00 - 14.00 Wib
3. Sore hari pukul 16.00 – 18.00 Wib

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Jam puncak dapat ditentukan dengan menghitung volume lalu lintas terbanyak pada setiap lengan persimpangan dengan pencatatan volume lalu lintas selama 15 menit dan memplotkan empat durasi yang menjadi satu jam agar didapatkan jam yang paling sibuk pada tiap-tiap lengan persimpangan dalam satu jam, satuan yang dipakai adalah kendaraan perjam seperti tabel volume lalu lintas berikut (Anisa, 2009) :

Tabel 2. Volume lalu lintas, rabu 25 oktober 2017, jalan kampung tanah jua ke jalan jenderal sudirman

Waktu	Jenis Kendaraan											
	Kendaraan Ringan			Kendaraan Berat			Sepeda Motor			Kendaraan Tak Bermotor		
	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus
07.00-07.15	7	12	20	0	0	0	12	20	21	0	0	2
07.15-07.30	15	15	31	0	0	0	14	35	48	2	0	2
07.30-07.45	6	17	21	0	1	1	15	26	38	0	4	0
07.45-08.00	7	8	16	0	1	0	14	26	35	0	0	0
08.00-08.15	3	9	17	0	0	2	10	18	36	1	1	1
08.15-08.30	8	12	16	0	1	0	12	21	22	0	0	0
08.30-08.45	5	8	10	0	0	1	13	16	35	2	2	3
08.45-09.00	4	4	9	0	1	0	10	17	20	0	0	0
TOTAL	55	85	140	0	4	4	100	179	255	5	7	8

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Tabel 3. Volume lalu lintas, rabu 25 oktober 2017, jalan jenderal sudirman ke kampung tanah jua

Waktu	Jenis Kendaraan											
	Kendaraan Ringan			Kendaraan Berat			Sepeda Motor			Kendaraan Tak Bermotor		
	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus
07.00-07.15	10	6	15	0	0	1	27	5	37	1	0	2
07.15-07.30	1	9	20	0	0	0	22	6	39	0	0	0
07.30-07.45	3	5	10	0	0	0	16	4	22	2	0	0
07.45-08.00	1	7	15	0	0	1	15	4	30	0	1	0
08.00-08.15	5	9	8	0	0	0	19	5	19	0	0	2
08.15-08.30	10	7	13	0	0	1	21	2	24	1	1	0
08.30-08.45	8	8	10	0	0	1	9	2	26	0	1	0
08.45-09.00	10	5	17	0	0	0	10	0	21	0	9	0
TOTAL	48	56	108	0	0	4	139	28	218	4	3	4

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Tabel 4. Volume lalu lintas, rabu 25 oktober 2017, jalan hafif jalil ke jambu air

Waktu	Jenis Kendaraan											
	Kendaraan Ringan			Kendaraan Berat			Sepeda Motor			Kendaraan Tak Bermotor		
	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus
07.00-07.15	58	18	26	0	2	3	34	10	80	0	0	0
07.15-07.30	5	1	27	0	0	3	19	9	34	0	0	0
07.30-07.45	12	6	29	0	0	6	20	8	62	2	0	0
07.45-08.00	6	2	21	0	0	0	25	2	38	0	0	1
08.00-08.15	7	1	36	0	0	2	26	1	29	0	1	0
08.15-08.30	11	1	34	0	0	1	21	5	40	1	0	0
08.30-08.45	8	5	28	0	0	10	21	5	45	0	0	0
08.45-09.00	12	4	12	2	0	3	14	2	42	1	0	0
TOTAL	119	38	213	2	2	28	180	42	370	4	1	1

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Tabel 5. Volume lalu lintas, rabu 25 oktober 2017, jalan hafif jalil ke lapangan kantin

Waktu	Jenis Kendaraan											
	Kendaraan Ringan			Kendaraan Berat			Sepeda Motor			Kendaraan Tak Bermotor		
	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus
07.00-07.15	14	8	20	0	0	0	15	4	44	1	0	0
07.15-07.30	9	2	2	0	2	1	17	7	85	0	0	1
07.30-07.45	8	3	4	0	1	0	5	5	56	0	0	0
07.45-08.00	14	6	9	0	0	3	8	3	68	1	0	0
08.00-08.15	11	3	14	0	1	2	6	5	49	0	0	0
08.15-08.30	8	5	13	0	0	1	5	4	41	1	0	0
08.30-08.45	14	2	8	0	1	0	7	5	40	0	0	1
08.45-09.00	10	4	17	0	0	1	5	6	35	0	0	0
TOTAL	88	33	87	0	5	8	68	39	418	3	0	2

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Tabel 6. Volume lalu lintas, minggu 29 oktober 2017, jalan kampung tanah jua ke jalan jenderal sudirman

Waktu	Jenis Kendaraan											
	Kendaraan Ringan			Kendaraan Berat			Sepeda Motor			Kendaraan Tak Bermotor		
	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus
07.00-07.15	6	12	21	0	0	0	12	20	22	0	0	2
07.15-07.30	8	13	28	0	1	0	10	35	51	0	0	1
07.30-07.45	4	15	21	0	1	1	14	26	39	0	0	1
07.45-08.00	6	6	10	0	0	1	9	23	35	0	0	0
08.00-08.15	12	6	15	0	1	0	16	20	38	0	0	1
08.15-08.30	10	9	16	0	0	0	12	18	24	0	3	0
08.30-08.45	6	9	15	0	0	0	10	20	30	0	2	0
08.45-09.00	5	6	10	0	0	0	11	19	18	0	1	1
TOTAL	57	76	136	0	3	2	94	181	257	0	6	6

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Tabel 7. Volume lalu lintas, minggu 29 oktober 2017, jalan jenderal sudirman ke kampung tanah jua

Waktu	Jenis Kendaraan											
	Kendaraan Ringan			Kendaraan Berat			Sepeda Motor			Kendaraan Tak Bermotor		
	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus
07.00-07.15	6	6	14	0	0	0	16	10	35	1	1	2
07.15-07.30	9	10	16	0	1	0	18	8	40	1	0	2
07.30-07.45	6	6	10	0	0	0	14	3	22	0	2	1
07.45-08.00	7	9	14	0	1	0	12	4	30	0	0	1
08.00-08.15	5	7	6	0	1	0	11	6	22	2	0	1
08.15-08.30	3	6	14	0	0	1	10	2	26	0	0	3
08.30-08.45	2	6	8	0	0	1	16	3	26	0	1	0
08.45-09.00	8	4	9	0	0	0	12	6	20	1	1	0
TOTAL	46	54	91	0	3	2	109	42	221	5	5	10

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Tabel 8. Volume lalu lintas, minggu 29 oktober 2017, jalan hafif jalil ke jambu air

Waktu	Jenis Kendaraan											
	Kendaraan Ringan			Kendaraan Berat			Sepeda Motor			Kendaraan Tak Bermotor		
	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus
07.00-07.15	12	6	24	0	0	1	20	0	56	1	2	0
07.15-07.30	20	5	26	0	1	1	30	6	58	2	0	0
07.30-07.45	19	18	27	0	0	3	29	9	49	0	1	1
07.45-08.00	14	16	30	0	1	0	24	8	68	0	1	1
08.00-08.15	15	14	28	0	0	0	30	10	47	0	1	0
08.15-08.30	14	6	30	0	1	0	20	5	20	0	0	0
08.30-08.45	12	5	25	0	0	0	19	8	40	0	0	0
08.45-09.00	14	2	29	0	1	0	24	6	31	0	0	1
TOTAL	120	72	219	0	4	5	196	52	369	3	5	3

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Tabel 9. Volume lalu lintas, minggu 29 oktober 2017, jalan hafif jalil ke lapangan kantin

Waktu	Jenis Kendaraan											
	Kendaraan Ringan			Kendaraan Berat			Sepeda Motor			Kendaraan Tak Bermotor		
	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus	Kiri	Kanan	Lurus
07.00-07.15	15	8	24	0	0	0	12	12	15	2	0	0
07.15-07.30	18	12	20	0	0	2	14	10	83	0	0	5
07.30-07.45	19	6	16	0	0	0	7	6	55	1	0	0
07.45-08.00	20	10	15	0	0	2	10	8	65	0	0	4
08.00-08.15	21	14	12	0	0	0	8	8	48	1	0	0
08.15-08.30	17	19	13	0	0	0	7	6	47	0	0	2
08.30-08.45	13	4	9	0	0	2	6	4	40	1	0	0
08.45-09.00	9	8	8	0	0	1	5	6	33	1	0	1
TOTAL	132	81	117	0	0	7	69	60	386	6	0	12

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

4.1. Data Hari Rabu 25 Oktober 2017 dan Hari Minggu 29 Oktober 2017

- a. Dari data formulir SIG-I didapat :
 1. Penjumlahan dari waktu antar hijau dan waktu antar hijau yaitu waktu siklus C 160
 2. Waktu hilang total didapat (LTI) merupakan penjumlahan waktu antar hijau didapat 60
- b. Dari data formulir SIG-II didapat :
 1. Kolom (1) adalah kode pendekat yang telah tersambung dari SIG-1
 2. Kolom (2) adalah arah pergerakan kendaraan dari tiap masing-masing lengan, pada kolom ini terdapat 4 baris keterangan
 3. Kolom (3) adalah data isian arus lalu lintas kendaraan ringan (*LV* atau *light vehicle*). Masukan nilai arus kendaraan ringan pada kolom ini sesuai dengan data hasil survai. Kolom (4) terlindung, satuan smp/jam, nilai emp 1,0 dan kolom (5) terlawan, satuan smp/jam, nilai emp 1,0
 4. Kolom (6) adalah data isian arus lalu lintas kendaraan berat (*HV* atau *heavy vehicle*) masukan nilai arus kendaraan ringan pada kolom ini sesuai dengan hasil survai. Kolom (7) terlindung, satuan smp/jam, nilai emp 1,3 dan kolom (8) terlawan, satuan smp/jam, nilai emp 1,3
 5. Kolom (9) adalah data isian arus lalu lintas sepeda motor (*MC* atau *motorcycle*). Masukan nilai arus sepeda motor pada kolom ini sesuai dengan hasil survai. Kolom (10) terlindung, satuan smp/jam, nilai emp 0,2 dan kolom (11) terlawan, satuan smp/jam, nilai emp 0,4
 6. Kolom (12) merupakan kolom akumulasi dari total akumulasi volume pada kolom sebelumnya. Kolom (13) terlindung, satuan smp/jam dan kolom (14) terlawan, satuan smp/jam
 7. Kolom (15) dan (16) adalah kolom hasil hitungan rasio berbelok kiri dan kanan, yaitu perbandingan antara kendaraan yang berbelok dengan total kendaraan.
 8. Kolom (17) adalah data masukan lalu lintas kendaraan tak bermotor (*UM / Unmotorised vehicle*), satuan kendaraan/jam. Kolom (18) rasio kendaraan tak bermotor.
- c. Dari data formulir SIG-III didapat :

Data yang harus dimasukkan pada SIG-3 ini adalah data waktu antar hijau (*Intergreen*) serta waktu kuning (*amber*) untuk masing-masing fase. Diketahui bahwa waktu merah semua (*all red*) pada fase 1 ke 2 adalah 2 detik dan pada fase 2 ke 1 adalah 2 detik. Masukan pula jumlah fase yaitu 2 dan waktu kuning 3 detik.
- d. Dari data formulir SIG-IV didapat :

Pada SIG-4 ini yang harus diperhatikan adalah kolom (10), (12), (15), (16) dan (17).
- e. Dari data formulir SIG-V didapat :

Pada SIG-5 ini yang harus diperhatikan adalah kolom (9), (10), (12) dan (16).

Tabel 10. Kelas Jalan

Hari	Waktu	Jalan	Tundaan (detik/smp)	Klasifikasi
Rabu	Pagi	Lapangan Kantin	17,9	C
		Jambu Air	14,7	B
		Jalan Jendral Sudirman	14,4	B
		Tanah Jua	13,3	B
	Siang	Lapangan Kantin	30,7	D
		Jambu Air	16,4	C
		Jalan Jendral Sudirman	16,5	C
		Tanah Jua	14,5	B
	Sore	Lapangan Kantin	30,2	D
		Jambu Air	18,1	C
		Jalan Jendral Sudirman	18,4	C
		Tanah Jua	15,6	C
Minggu	Pagi	Lapangan Kantin	18,2	C
		Jambu Air	15,7	C
		Jalan Jendral Sudirman	14,3	B
		Tanah Jua	13,2	B
	Siang	Lapangan Kantin	46,0	E
		Jambu Air	40,0	E
		Jalan Jendral Sudirman	34,9	D
		Tanah Jua	35,7	D
	Sore	Lapangan Kantin	713,6	F
		Jambu Air	53,1	E
		Jalan Jendral Sudirman	38,9	D
		Tanah Jua	47,0	E

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

4.2. Hasil SIG I, II, III, IV dan V Hari Rabu, 25 Oktober 2017

a. Hasil SIG-I

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 25 oktober 2017		Ditangani oleh : Eko Prayitno						
FORMULIR SIG-I:		Kota : Bukittinggi		Simpang : Kampung Tanah Jua						
- GEOMETRI		Ukuran Kota/jumlah penduduk (isi dalam jutaan) :		1.75.452 juta						
- PENGATURAN LALULINTAS		Perihal : 2 fase		periode : jam puncak pagi rabu						
- LINGKUNGAN		FASE SINYAL YANG ADA (Gambar sket Fase)								
g = 25	g = 25	g = 25	g = 25	Waktu siklus : c 160						
IG= 15	IG= 15	IG= 15	IG= 15	Waktu hilang total : LTI = Σ IG = 60						
SKETSA SIMPANG										
KONDISI LAPANGAN										
Kode Pendekat	Tipe lingkungan jalan (con/res/ra)	Hambatan Samping (Tinggi/Rendah)	Median Ya/Tidak	kelandaian +/- %	Belok kiri langsung Ya/Tidak	Jarak ke kendaraan parkir (m)	Lebar Pendekat (m)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	Pendekat Wa	Masuk WENTRY	Belok kiri lgs. WLTOR	Keluar WEXIT
U	res	R	Y	0	Y	0	4.00	4.00	2.00	2.00
S	res	T	Y	0	Y	2	4.00	4.00	2.00	2.00
T	res	R	T	0	Y	0	4.00	4.00	2.00	2.00
B	res	R	T	0	Y	0	4.00	4.00	2.00	2.00

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

b. Hasil SIG-II

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 25 Oktober 2017											Ditangani oleh : Eko Prayitno						
Formulir SIG-II :		Kota : Bukittinggi											periode : jam puncak pagi rabu						
ARUS LALULINTAS		Simpang : Tanah Jua											Perihal : 2 fase						
Kode Pendekat	Arah	Arus Lalulintas Kendaraan Bermotor (MV)														Kend.tak bermotor	Rasio $R_{UM} = UM / MV$		
		Kendaraan Ringan(LV)				Kendaraan Berat(HV)				Sepeda Motor(MC)				Kendaraan Bermotor Total				Rasio Berbelok	
		emp terlindung = 1,0				emp terlindung = 1,3				emp terlindung = 0,2				Total				Kiri P_{LT}	Kanan P_{RT}
		emp terlawan = 1,0				emp terlawan = 1,3				emp terlawan = 0,4				MV					
jam	Terlindung	Terlawan	jam	Terlindung	Terlawan	jam	Terlindung	Terlawan	jam	Terlindung	Terlawan	jam	Terlindung	Terlawan	jam	Terlindung	Terlawan		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)		
U	LT (tanpa LTOR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	LTOR	119	119	119	2	3	3	180	36	72	301	158	194	0.303			4		
	ST	38	38	38	2	3	3	42	8	17	82	49	57				1		
	RT	213	213	213	28	36	36	370	74	148	611	323	397		0.610		1		
	Total	370	370	370	32	42	42	592	118	237	994	530	648				6	0.0060	
S	LT (tanpa LTOR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	LTOR	88	88	88	0	0	0	68	14	27	156	102	115	0.308			3		
	ST	33	33	33	5	7	7	39	8	16	77	47	55				0		
	RT	87	87	87	8	10	10	418	84	167	513	181	265		0.549		2		
	Total	208	208	208	13	17	17	525	105	210	746	330	435				5	0.0067	
T	LT (tanpa LTOR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	LTOR	55	55	55	0	0	0	100	20	40	155	75	95	0.189			6		
	ST	85	85	85	4	5	5	179	36	72	268	126	162				7		
	RT	140	140	140	4	5	5	255	51	102	399	196	247		0.494		8		
	Total	280	280	280	8	10	10	534	107	214	822	397	504				21	0.0255	
B	LT (tanpa LTOR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	LTOR	48	48	48	0	0	0	139	28	56	187	76	104	0.258			4		
	ST	56	56	56	0	0	0	28	6	11	84	62	67				3		
	RT	108	108	108	4	5	5	218	44	87	330	157	200		0.533		4		
	Total	212	212	212	4	5	5	385	77	154	601	294	371				11	0.0183	

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

c. Hasil SIG-III

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 25 oktober 2017					Ditangani oleh : Eko Prayitno		
Formulir SIG - III :		Kota : Bukittinggi					periode : jam puncak pagi rabu		
-WAKTU ANTAR HIJAU		Simpang : Kampung Tanah Jua					Perihal : 2 fase		
-WAKTU HILANG		Simpang : Tanah Jua					Perihal : 2 fase		
LALULINTAS BERANGKAT		LALU LINTAS DATANG					Waktu merah semua (dtk)		
Pendekat	Kecepatan V_{EV} (m/dtk)	Pendekat	U	S	T	B			
		Kecepatan V_{AV} (m/dtk)	10	10	10	10			
U	10	Jarak berangkat-datang (m)	150						
		Waktu berangkat-datang (dtk*)	4					1.2	
S	10	Jarak berangkat-datang (m)		50					
		Waktu berangkat-datang (dtk*)		4				1.2	
T	10	Jarak berangkat-datang (m)			100				
		Waktu berangkat-datang (dtk*)			4			1.2	
B	10	Jarak berangkat-datang (m)				25			
		Waktu berangkat-datang (dtk*)				4		1.2	
0		Jarak berangkat-datang (m)							
		Waktu berangkat-datang (dtk*)							
0		Jarak berangkat-datang (m)							
		Waktu berangkat-datang (dtk*)							
	Penentuan waktu all red didasarkan pada aturan fase	Penentuan waktu merah semua : (data ini dapat dirubah sendiri sesuai fase)							
		Fase 1 --> Fase 2							2
		Fase 2 --> Fase 3							2
		Fase 3 --> Fase 4							0
		Fase 4 --> Fase 1							0
		Jumlah fase	2	kuning/fase	4			8	
		Waktu hilang total (LTI)= Merah semua total+waktu kuning (dtk / siklus)							12

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

d. Hasil SIG-IV

SIMPANG BERSINYAL										Tanggal : 25 Oktober 2017		Ditangani oleh : Eko Prayitno										
Formulir SIG-IV : PENENTUAN WAKTU SINYAL										Kota: Bukittinggi		Perihal : 2 fase										
KAPASITAS										Simpang: Tanah Jua		periode : jam puncak pagi rabu										
Distribusi arus lalu lintas (smp/jam) Fase 1 										Fase 2		Fase 3		Fase								
Kode Pendekat	Hijau dalam fase	Tipe Pendekat (P/O)	Rasio kendaraan berbelok			Arus RT smp/j		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam Hijau								Arus lalu lintas smp/j	Rasio Arus FR =	Rasio fase PR =	Waktu hijau det	Kapasitas smp/j C =	Derajat jenuh DS =
			P_{LOR}	P_{LT}	P_{RT}	Q_{RT}	Q_{LO}		Nilai dasar smp/j	Faktor Penyesuaian			Nilai disesuaikan smp/j	S	Q	Q/S						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	Ukuran kota F_{CS}	Hambatan Sampung F_{SF}	kelandaian F_G	Parkir F_P	Belok Kanan F_{RT}	Belok Kiri F_{LT}	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
U	1	O	0.303	0.000	0.610	397	265	4.00	2400	1.05	0.980	1.0	1.00	1.15	1.00	2840	648	0.228	0.672	22	1116	0.5808
S	1	O	0.308	0.000	0.549	265	397	4.00	2400	1.05	0.960	1.0	0.60	1.14	1.00	2757	435	0.000	0.000	23	1132	0.3842
T	2	Pen	0.189	0.000	0.494	0	0	4.00	3100	1.05	0.980	1.0	1.00	1.12	1.00	3572	397	0.111	0.328	22	1403	0.2829
B	2	Pen	0.258	0.000	0.533	0	0	4.00	3100	1.05	0.980	1.0	1.00	1.13	1.00	3604	294	0.000	0.000	23	1480	0.1986

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

e. Hasil SIG-V

SIMPANG BERSINYAL										Tanggal : 25 Oktober 2017		Ditangani oleh : Eko Prayitno			
Formulir SIG-V : PANJANG ANTRIAN										Kota: Bukittinggi		Kondisi Eksisting			
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI										Simpang: Tanah Jua		periode : jam puncak pagi rabu			
TUNDAAN										Waktu siklus :					
Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam Q	Kapasitas smp/jam C	Derajat DS=	Rasio GR=	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang Antrian (m) QL	Angka Henti stop/smp NS	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam N_{ty}	Tundaan			
					NQ_1	NQ_2	Total $NQ = NQ_1 + NQ_2$	NQ_{max}				Tundaan lalu lintas rata-rata det/smp DT	Tundaan geometrik rata-rata det/smp DG	Tundaan rata-rata det/smp D = DT + DG	Tundaan total smp.det D x Q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
U	648	1116	0.581	0.39	0.2	7.9	8.1	10.3	52	0.725	470	14.0	3.9	17.9	11600
S	435	1132	0.384	0.41	-0.2	4.7	4.5	10.9	55	0.605	263	10.9	3.7	14.7	6380
T	397	1403	0.283	0.39	-0.3	4.2	3.9	10.7	54	0.571	227	10.8	3.6	14.4	5713
B	294	1480	0.199	0.41	-0.4	2.9	2.6	4.1	21	0.503	148	9.7	3.6	13.3	3902

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

4.3. Hasil SIG I, II, III, IV dan V Hari Minggu 29 Oktober 2017

a. Hasil SIG-I

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 29 Oktober 2017		Ditangani Oleh : Eko Prayitno						
FORMULIR SIG-I :		Kota : Bukittinggi								
- GEOMETRI		Simpang : Kampung Tanah Jua								
- PENGATURAN LALULINTAS		Ukuran Kota/jumlah penduduk (isi dalam jutaan) :		1,75,452 juta						
- LINGKUNGAN		Perihal : 2 fase								
		periode : jam puncak pagi Minggu								
FASE SINYAL YANG ADA (Gambarkan Sket Fase)										
g =	25	g =	25	g =	25					
IG=	15	IG=	15	IG=	15					
				Waktu siklus : c	160					
				Waktu hilang total :	LTI = Σ IG = 60					
SKETSA SIMPANG										
KONDISI LAPANGAN										
Kode Pendekat	Tipe lingkungan jalan (com/res/ra)	Hambatan Samping (Tinggi/Rendah)	Median Ya/Tidak	kelandaian +/- %	Belok kiri langsung	Jarak ke kendaraan parkir (m)	Pendekat Wa	Masuk WENTRY	Belok kiri lgs WLTOR	Keluar WEXIT
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
U	res	R	Y	0	Y	0	4.00	4.00	2.00	2.00
S	res	T	Y	0	Y	2	4.00	4.00	2.00	2.00
T	res	R	T	0	Y	0	4.00	4.00	2.00	2.00
B	res	R	T	0	Y	0	4.00	4.00	2.00	2.00

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

b. Hasil SIG-II

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 29 Oktober 2017		Ditangani Oleh : Eko Prayitno													
Formulir SIG-II :		Kota : Bukittinggi															
ARUS LALULINTAS		Simpang : Tanah Jua		periode : jam puncak pagi Minggu													
		Perihal : 2 fase															
Arus LaluLintas Kendaraan Bermotor (MV)																	
Kode Pendekat	Arah	Arus LaluLintas Kendaraan Bermotor (MV)										Rasio Berbelok	Arus UM	Rasio P _{UM} = UM / MV			
		Kendaraan Ringan(LV)		Kendaraan Berat(HV)		Sepeda Motor(MC)		Kendaraan Bermotor		Total							
		emp terlindung = 1,0		emp terlindung = 1,3		emp terlindung = 0,2		emp terlindung = 0,4		Total							
		emp terlawan = 1,0		emp terlawan = 1,3		emp terlawan = 0,4		emp terlawan = 0,4		Total							
		jam	smp/jam	jam	smp/jam	jam	smp/jam	jam	smp/jam	jam	smp/jam	Kiri P _{LT}	Kanan P _{RT}	kend/jam			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
U	LT (tanpa LTOR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000		0	
	LTOR	120	120	120	0	0	0	196	39	78	316	159	198	0.305		3	
	ST	72	72	72	4	5	5	52	10	21	128	88	98			5	
	RT	219	219	219	5	7	7	369	74	148	593	299	373	0.548		3	
	Total	411	411	411	9	12	12	617	123	247	1037	546	670			11	0.0106
S	LT (tanpa LTOR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000		0	
	LTOR	132	132	132	0	0	0	69	14	28	201	146	160	0.330		5	
	ST	81	81	81	0	0	0	60	12	24	141	93	105			2	
	RT	117	117	117	7	9	9	386	77	154	510	203	281	0.460		3	
	Total	330	330	330	7	9	9	515	103	206	852	442	545			10	0.0117
T	LT (tanpa LTOR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000		0	
	LTOR	57	57	57	0	0	0	94	19	38	151	76	95	0.198		0	
	ST	76	76	76	3	4	4	181	36	72	260	116	152			6	
	RT	136	136	136	2	3	3	257	51	103	395	190	241	0.498		6	
	Total	269	269	269	5	7	7	532	106	213	806	382	488			12	0.0149
B	LT (tanpa LTOR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000		0	
	LTOR	46	46	46	0	0	0	109	22	44	155	68	90	0.249		5	
	ST	54	54	54	3	4	4	42	8	17	99	66	75			5	
	RT	91	91	91	2	3	3	221	44	88	314	138	182	0.507		10	
	Total	191	191	191	5	7	7	372	74	149	568	272	346			20	0.0352

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

c. Hasil SIG-III

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 29 Oktober 2017					
Formulir SIG - III :		Ditangani Oleh : Eko Prayitno					
-WAKTU ANTAR HIJAU		Kota : Bukittinggi					
-WAKTU HILANG		Simpang : Kampung Tanah Jua					
		Perihal : 2 fase					
LALULINTAS BERANGKAT		LALU LINTAS DATANG					Waktu merah semua (dtk)
Pendekat	Kecepatan V_{EV} (m/dtk)	Pendekat	U	S	T	B	
		Kecepatan V_{AV} (m/dtk)	10	10	10	10	
U	10	Jarak berangkat-datang (m)	150				
		Waktu berangkat-datang (dtk)*	4			1.2	
S		Jarak berangkat-datang (m)		50			
	10	Waktu berangkat-datang (dtk)*		4		1.2	
T		Jarak berangkat-datang (m)			100		
	10	Waktu berangkat-datang (dtk)*			4	1.2	
B		Jarak berangkat-datang (m)				25	
	10	Waktu berangkat-datang (dtk)*				4	
0		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
0		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
Penentuan waktu all red didasarkan pada aturan fase		Penentuan waktu merah semua : (data ini dapat dirubah sendiri sesuai fase)					
		Fase 1 --> Fase 2					2
		Fase 2 --> Fase 3					2
		Fase 3 --> Fase 4					0
		Fase 4 --> Fase 1					0
		Jumlah fase					2 kuning/fase
		Waktu hilang total (LTI)= Merah semua total+waktu kuning (dtk / siklus)					12

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

d. Hasil SIG-IV

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 29 Oktober 2017					Ditangani Oleh : Eko Prayitno															
Formulir SIG-IV : PENENTUAN WAKTU SINYAL		Kota : Bukittinggi					Perihal : 2 fase															
KAPASITAS		Simpang : Tanah Jua					periode : jam puncak pagi Minggu															
Distribusi arus lalu lintas (smp/jam)		Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase														
Kode	Hijau	Tipe	Rasio	Arus RT smp/j	Lebar	Arus jenuh smp/jam Hijau					Arus	Rasio	Rasio	Waktu	Kapa-	Derajat						
Pen-	dalam	Pen-	kendaraan	Arah	Arah	Nilai	Faktor Penyesuaian					lalu	Arus	fase	hijau	Kapa-	Derajat					
dekat	fase	dekat	berbelok	dari	lawan	dasar	Semua tipe pendekat		Hanya tipe P			disesu-	FR =	PR =	det	smp/j	DS=					
no.	(P/O)				(m)	smp/j	Ukuran	Hambatan	kelan-	ParKir	Belok	Belok	alkan	smp/jam								
			P_{LOR}	P_{LT}	P_{RT}	Q_{RT}	Q_{HTO}	W_E	So	F_{CS}	F_{SF}	F_g	F_p	F_{RT}	F_{LT}	S	Q	QS	IFR	g	Sxg/c	Q/C
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
U	1	O	0.305	0.000	0.548	373	281	4.00	2400	1.05	0.980	1.0	1.00	1.14	1.00	2815	670	0.238	0.692	22	1106	0.6058
S	1	O	0.330	0.000	0.460	281	373	4.00	2400	1.05	0.960	1.0	0.60	1.11	1.00	2685	545	0.000	0.000	23	1103	0.4942
T	2	Pen-	0.198	0.000	0.498	0	0	4.00	3100	1.05	0.980	1.0	1.00	1.13	1.00	3604	382	0.106	0.308	22	1416	0.2698
B	2	Pen-	0.249	0.000	0.507	0	0	4.00	3100	1.05	0.980	1.0	1.00	1.06	1.00	3381	272	0.000	0.000	23	1389	0.1959

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

e. Hasil SIG-V

SIMPANG BERSINYAL					Tanggal : 29 Oktober 2017				Ditangani Oleh : Eko Prayitno						
Formulir SIG-V : PANJANG ANTRIAN					Kota: Bukittinggi				Kondisi Eksisting						
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI					Simpang: Tanah Jua				periode : jam puncak pagi/minggu						
TUNDAAN					Waktu siklus :										
Kode	Arus	Kapasitas	Derajat	Pasio	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang	Angka	Jumlah	Tundaan			
Pendekat	Lalu	smp / jam	Kejuhan	Hijau	NQ_1	NQ_2	Total	NQ_{max}	Antrian	Henti	Kendaraan	Tundaan lalu	Tundaan geo-	Tundaan	Tundaan
	Lintas		DS=	GR=			$NQ=$		(m)	stop/smp	Terhenti	lintas rata-rata	metrik rata-rata	rata-rata	total
	smp/jam		Q/C	g/c							smp/jam	det/smp	det/smp	det/smp	smp.det
	Q	C					NQ_1+NQ_2	liat gb e22	QL	NS	N_{sy}	DT	DG	D=DT+DG	D x Q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
U	670	1106	0.606	0.39	0.3	8.3	8.6	8.9	45	0.740	496	14.4	3.8	18.2	12217
S	545	1103	0.494	0.41	0.0	6.3	6.3	13.4	67	0.664	362	12.2	3.6	15.7	8581
T	382	1416	0.270	0.39	-0.3	4.0	3.7	4.5	23	0.563	215	10.7	3.6	14.3	5463
B	272	1389	0.196	0.41	-0.4	2.7	2.3	3.2	16	0.496	135	9.6	3.5	13.1	3566

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan, bahwa jalan hafif jalil dan jalan jambu air didapatkan derajat kejenuhan, angka henti dan tundaan lalu lintas rata-rata paling besar di jalan jendral sudirman yaitu 1480 smp/jam. Angka henti yang paling besar didapat di jalan hafif jali 1,065 stop/smp tundaan lalu lintas yang paling besar didapat di jalan jambu air dan jalan hafif jalil sebesar 713,6 detik/smp, nilai volume yang terbesar didapat di jalan hafif jalil sebesar 983 smp/jam.

DAFTAR PUSTAKA

Anisa, 2009, Analisis Tingkat Kinerja Persimpangan Bersinyal Jalan Khatib Sulaiman-Jalan Rasuna Said-Jalan Raden Saleh-Jalan K.H. Ahmad Dahlan, Padang, Universitas Bung Hatta.

Budiarto ahmad, mahmudah amirotul, 2007 *rekayasa lalu lintas*, Surakarta, kerja sama Lembaga Pengembangan Pendidikan (LPP) dan UPT Penerbitan dan Percetakan UNS (UNS Press) Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, Departemen Pekerjaan Umum, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, (MKJI 1997), Jakarta.

Khisty Jotin C. dan Lall Kent B, (2003) *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*, Ciracas, Jakarta, Erlangga.

Munawar ahmad, 2004, *Program komputer untuk analisis lalu lintas*, Yogyakarta, beta offset.

Silvia, Sukirman Nova, 1994, *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Bandung.