

Analisis Waktu Sinyal *Traffic Light* Pada Simpang Empat Menggunakan PKJI

Abdul Muis Prasetya¹, Linda Sartika², Siti Nurholifah³, Iif Ahmad Syarif⁴

^{1,2,3,4}Universitas Borneo Tarakan (UBT), Jl. Amal Lama no 1, Tarakan 77115 Indonesia

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, FT UBT, Tarakan

⁴Program Studi Teknik Sipil, FT UBT, Tarakan

e-mail: ¹prasetia.electric@gmail.com, ²lindasartika75@gmail.com, ³sitinur9911@gmail.com

Abstract

In general, traffic light regulations (traffic tights) currently use fixed times where the lights are set to work alternately at fixed times, without paying attention to traffic flow conditions, for example at four intersections in each direction of the road the duration of the light is green, yellow, red at the same time. In this condition, there is a long queue on one side and a very short queue on the other, so setting the time duration equally will result in unnecessary stopping time. The aim of this research is to calculate the timing of traffic lights in order to identify obstacles and determine the performance of intersections based on the volume of traffic flow during the morning peak hours. The solution method is to calculate traffic flow, cycle time, saturation flow, signalized intersections, using secondary data. The author also uses references from the book (PKJI 2023) for calculations that comply with the provisions. So, the results obtained at the green light at intersection 1 for 33 seconds, the green light at intersection 2 for 33 seconds, the green light at intersection 3 for 21 seconds, and the green light at intersection 4 for 18 seconds, with yellow lights at all intersections for 3 seconds, with a value of the degree of saturation each phase, namely north 0.89, east 0.90, south 0.87, west 1.22.

Keywords: *Intersections, traffic flow, vehicles, geometric, peak hours, PKJI.*

Abstrak

Pada umumnya pengaturan lampu lalu lintas (traffic tights) saat ini menggunakan waktu yang tetap dimana lampu diatur agar bekerja secara bergantian pada waktu yang tetap, tanpa memperhatikan kondisi arus lalu lintas, misalnya pada simpang empat dari masing-masing arah jalan dibuat lamanya lampu hijau, kuning, merah dengan waktu yang sama. Dalam kondisi ini terdapat antrian panjang di satu sisi dan di sisi lain antrian sangat pendek, maka pengaturan durasi waktu yang sama rata ini akan menimbulkan waktu berhenti yang tidak perlu. Seiring dengan peningkatan volume lalu lintas saat ini, maka perlu dikaji setting traffic light pada simpang dengan tujuan agar dapat mengetahui hambatan dan kinerja persimpangan berdasarkan volume arus lalu lintas pada jam puncak pagi dan sore. Metode penyelesaiannya dengan menghitung arus lalu lintas, waktu siklus, arus jenuh, simpang bersinyal. Penulis juga menggunakan acuan dari buku (PKJI 2023) untuk perhitungan yang sesuai dengan ketentuan. Sehingga, didapatkan hasil pada lampu hijau simpang 1 selama 42 detik, lampu hijau simpang 2 selama 42 detik, lampu hijau simpang 3 selama 26 detik, dan lampu hijau simpang 4 selama 22 detik, dengan lampu kuning semua simpang 3 detik, dengan nilai derajat kejenuhan masing-masing fase yaitu utara 0.90, timur 0,90, selatan 0.91, barat 0.91.

Kata kunci : *Simpang, arus lalu lintas, kendaraan, geometrik, jam puncak, PKJI.*

1. Pendahuluan

Lampu lalu lintas adalah sinyal yang digunakan untuk mengendalikan dan mengarahkan kelancaran arus jalan lalu lintas. Sinyal lalu lintas merupakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 yang mengatur tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Untuk mengurangi kecelakaan dan kemacetan lalu lintas, lampu lalu lintas biasanya dipasang di persimpangan, *zebra cross*, dan lokasi lainnya [1].

Kota-kota di Indonesia memiliki tingkat pertumbuhan lalu lintas yang semakin tinggi seiring bertambahnya tahun, meningkatnya pertumbuhan lalu lintas ini tidak sebanding dengan pembangunan dan kapasitas jalan raya. Saat ini pengguna jalan raya dalam berlalu lintas meningkat, baik pengendara sepeda motor maupun pengendara mobil. Hal ini diperkirakan akan menimbulkan masalah pada arus lalu lintas pada jalur persimpangan jalan, dengan banyaknya kendaraan yang melintas maka kapasitas persimpangan tidak mampu lagi menampung arus lalu lintas yang ada sehingga akan berdampak kemacetan lalu lintas. Sehingga diperlukannya manajemen pada suatu persimpangan dengan penerapan lampu lalu lintas yang dapat mengatasi masalah kemacetan dan mengurangi angka kecelakaan [2]. Penyebab terjadinya kemacetan juga dikarenakan adanya peningkatan volume lalu lintas pada ruas jalan [3].

Terjadinya permasalahan lalu lintas, khususnya meningkatnya jumlah mobil di sekitar persimpangan, akan berdampak pada kapasitas persimpangan. Akibatnya pengguna lalu lintas akan mengalami penurunan tingkat kinerja lalu lintas pada simpang tersebut, sehingga berdampak pada kerugian biaya dan waktu perjalanan. Serta tidak adanya kedisiplinan para pengguna jalan yang melewati persimpangan jalan sehingga menimbulkan kemacetan yang sangat mempengaruhi kondisi lalu lintas pada jam-jam tertentu, misalnya pada pagi dan sore hari [4]. Melihat hal-hal tersebut maka perlu dilakukan penentuan waktu sinyal *traffic light* pada simpang empat menggunakan PKJI.

2. Kajian Pustaka

2.1 Kondisi Persimpangan Lalu Lintas

Jalan yang terhubung dengan jalan lain dan berada di antara dua jalan lainnya disebut persimpangan. Rambu-rambu lalu lintas dipasang pada setiap ruas jalan, yang mempunyai tujuan tersendiri sebagai sarana pergerakan lalu lintas transportasi. Persimpangan merupakan tempat yang sering terjadinya kemacetan dengan antrian panjang kendaraan yang terjadi pertemuan antara dua atau lebih arus lalu lintas sehingga permasalahan pergerakan kendaraan dapat diatur secara bergantian melalui pengaturan lalu lintas di sekitar persimpangan [5].

Pada jam sibuk pagi, siang, dan malam hari, arus lalu lintas (Q) untuk setiap pergerakan (Q_{LT} belok kiri, Q_{ST} lurus, dan Q_{RT} belok kanan) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam [6]. Arus lalu lintas ini digunakan dalam analisis kapasitas persimpangan. Perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode. menggunakan persamaan arus lalu lintas (Q) dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan yang terlindung dan terlawan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 Dimana, (Q) Arus lalu lintas, *Low vehicle* (LV) Kendaraan ringan, *Heavy vehicle* (HV) Kendaraan berat, *Motorcycle* (MC) Sepeda motor, dan (emp) Ekivalensi mobil penumpang [6].

Tabel 1. Arus Lalu Lintas Kendaraan

Jenis Kendaraan	emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3
Sepeda Motor (MC)	0.15	0.4

Sumber : PKJI 2023

2.2 Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Berikut ini persamaan yang digunakan untuk menghitung arus lalu lintas persimpangan secara menyeluruh dapat diperoleh dengan persamaan:

$$\text{Rasio belok kiri } P_{LT} = LT \text{ (smp/jam) / Total (smp/jam)} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Rasio belok kanan } P_{RT} = RT \text{ (smp/jam) / Total (smp/jam)} \dots\dots\dots (2)$$

2.3 Arus Jenuh Dasar (So)

Arus jenuh dasar (So) untuk setiap pendekatan seperti di uraikan di bawah dengan menggunakan persamaan:

$$S_o = 600 \cdot W_e \text{ smp/jam hijau} \dots\dots\dots (3)$$

Pada persamaan 3 dimana arus jenuh dasar (So) dapat dihitung dengan ketentuan nilai 600 dikali nilai lebar efektif (We).

2.4 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FRT)

$$F_{RT} = 1 + 0,26 P_{RT} \dots\dots\dots (4)$$

2.5 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (FLT)

$$F_{LT} = 1 - 0,16 P_{LT} \dots\dots\dots (5)$$

2.6 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan, Kelas Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (FSF)

Pada **Tabel 2** digunakan untuk menghitung faktor penyesuaian jenis lingkungan jalan, hambatan samping, dan kendaraan tidak bermotor (FRSU). Tipe lingkungan jalan (RE), kelas hambatan samping (SF), dan rasio kendaraan tidak bermotor UM/MV merupakan variabel masukan.

Tabel 2 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan, Kelas Hambatan Samping Kendaraan Tak Bermotor (FRSU)

Kelas Tipe Lingkungan Jalan (RE)	Kelas Hambatan Samping (SF)	Rasio Kendaraan Tak Bermotor (pUM)					
		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	0.71
	Rendah	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.71
Pemukiman	Tinggi	0.96	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72
	Sedang	0.97	0.92	0.88	0.83	0.78	0.73
	Rendah	0.98	0.93	0.89	0.84	0.79	0.74
Akses Terbatas	Tinggi/Rendah/Sedang	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75

Sumber : PKJI 2023

2.7 Faktor Penyesuaian untuk kelandaian (F_G)

Faktor penyesuaian untuk kelandaian juga dapat ditentukan pada arus jalan dengan grafik. Dimana daerah pada persimpangan merupakan jalan datar maka faktor kelandaian adalah 0 dengan nilai F_G adalah 1.

2.8 Faktor Penyesuaian untuk pengaruh parkir (F_P)

Faktor akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama dengan grafik. Karena jarak parkir di seluruh kaki simpang lebih besar dari 80 maka F_P adalah 1.

2.9 Nilai Arus Jenuh Yang Disesuaikan smp/jam Hijau (S)

$$S = S_0 \cdot F_{CS} \cdot F_{SF} \cdot F_G \cdot F_P \cdot F_{RT} \cdot F_{LT} \text{ smp/jam hijau} \dots\dots\dots (6)$$

Pada persamaan 6 faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS}), faktor penyesuaian jenis lingkungan jalan dan hambatan samping (F_{SF}), faktor kemiringan jalan (F_G), faktor penyesuaian parkir (F_P), faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}), dan penyesuaian belok kanan faktor (F_{RT}) semuanya dapat digunakan untuk menghitung nilai arus jenuh yang disesuaikan smp/jam hijau (S).

2.11 Rasio Arus (FR)

$$FR = Q / S \dots\dots\dots (7)$$

2.12 Rasio arus simpang (IFR)

$$IFR = \Sigma (FR_{crit}) \dots\dots\dots (8)$$

2.13 Rasio fase (PR)

$$PR = \frac{FR_{crit}}{IFR} \dots\dots\dots (9)$$

2.14 Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua})

$$c = (1,5LTI + 5) / (1 - \Sigma FR_{crit}) \dots\dots\dots (10)$$

Pada persamaan 10 dimana waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) dapat dihitung dengan menggunakan nilai waktu hilang total per siklus (det) (LTI), rasio arus simpang $\Sigma (FR_{crit})$ (IFR).

2.15 Waktu hijau (g) untuk masing-masing fase

$$g = (c - LTI) (FR_{crit} / \Sigma FR_{crit}) \dots\dots\dots (11)$$

Pada persamaan 11 dimana waktu hijau (g) untuk masing-masing fase dapat dihitung dengan menggunakan nilai waktu siklus sebelum penyesuaian (det) (C_{ua}), waktu hilang total per siklus (LTI), rasio fase $FR_{crit} / \Sigma (FR_{crit})$ (PR_i).

2.16 Kapasitas

$$C = S(g/c) \dots\dots\dots (12)$$

Pada persamaan 12 dimana kapasitas dapat dihitung dengan menggunakan nilai arus jenuh (smp/jam) (S), waktu hijau (detik) (g), dan waktu siklus (detik) (c).

2.17 Derajat Kejenuhan

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots (13)$$

Pada persamaan 13 dimana derajat kejenuhan dapat dihitung dengan menggunakan nilai kapasitas (smp/jam) (C), jumlah arus total pada simpang (smp/jam) (Q).

3. Metode Penelitian

Proses penelitian membutuhkan susunan tahapan yang baik agar seluruh proses penelitian dapat berjalan dengan baik dan mencapai tujuan yang sudah ditargetkan. Lokasi penelitian menggunakan studi kasus pada Simpang Empat Alai, Kota Padang[4]. Lokasi ini dipilih dikarenakan Arus lalu lintasnya cukup padat, serta kurangnya faktor disiplin dari pemakai jalan yang melewati persimpangan sehingga mengakibatkan adanya kemacetan yang sangat berpengaruh pada kondisi lalu lintas pada jam-jam tertentu pagi, siang dan sore hari. Adapun foto satelit lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Simpang empat alai Kota Padang

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Penentuan waktu traffic lights

Analisis perhitungan dilakukan dengan menggunakan data volume lalu lintas Kota Padang pada hari Senin, 10 Februari 2020. Data waktu sinyal lampu hasil perhitungan akan digunakan pada penentuan waktu *traffic lights*. Pada penentuan waktu *traffic lights* ini maka diperlukannya untuk melakukan analisis perhitungan menggunakan data yang sudah dikumpulkan, berikut ini merupakan proses analisis perhitungan untuk penentuan waktu *traffic lights* pada simpang empat.

1. Data geometrik, Data pengaturan lalu lintas dan lingkungan

Kota : Padang
 Ukuran Kota : 54853 jiwa (Tahun 2020)
 Hari/Tanggal : Senin, 10 Februari 2020
 Simpang : Empat alai
 Jumlah fase lalu lintas : 4 fase sinyal
 Berikut ini data geometrik kondisi lapangan:

Tabel 3 Data geometrik kondisi lapangan

Kondisi Lapangan								
Kode Pendekat	Tipe Lingkungan Jalan	Hambatan Samping Tinggi/Rendah	Median YA/TIDAK	Belok Kiri Langsung YA/TIDAK	Lebar Pendekat			
					Pendekat WA (meter)	Masuk Wmasuk (meter)	Belok Kiri Langsung WLTOR (meter)	Keluar Wkeluar (meter)
U	Komersial	Tinggi	Ya	Ya	12.20	10	2.2	6.1
T	Komersial	Tinggi	Ya	Ya	13.40	11.1	2.3	6.4
S	Komersial	Tinggi	Ya	Ya	12.83	10.73	2.1	5.9
B	Komersial	Tinggi	Ya	Ya	19.80	16.6	3.2	8.9

Sumber : Veronika, dkk 2020

2. Data arus lalu lintas

Berikut ini merupakan data arus lalu lintas kendaraan bermotor di persimpangan jalan yang akan digunakan pada perhitungan durasi lampu *traffic lights*.

Tabel 4 Data arus lalu lintas kendaraan bermotor di persimpangan

Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)					
Kode Pendekatan	Arah	Kendaraan ringan (LV) smp/jam	Kendaraan berat (HV) smp/jam	Sepeda motor (MC) smp/jam	Kendaraan Bermotor Total (MV) smp/jam
		emp terlindung = 1.0	emp terlindung = 1.3	emp terlindung = 0.2	
UTARA	LTOR	441	9	72	522
	ST	577	10	68	655
	RT	412	4	70	486
	Total	1430	23	210	1663
TIMUR	LTOR	496	4	93	593
	ST	601	11	97	709
	RT	453	9	72	534
	Total	1550	24	262	1836
SELATAN	LTOR	296	3	50	349
	ST	337	3	49	389
	RT	325	5	49	379
	Total	1179	11	148	1117
BARAT	LTOR	385	6	56	447

Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)					
Kode Pendekatan	Arah	Kendaraan ringan (LV) smp/jam	Kendaraan berat (HV) smp/jam	Sepeda motor (MC) smp/jam	Kendaraan Bermotor Total (MV) smp/jam
		emp terlindung = 1.0	emp terlindung = 1.3	emp terlindung = 0.2	
	ST	478	11	60	549
	RT	378	2	57	437
	Total	1241	19	173	1433

Sumber : Veronika, dkk 2020

- a) Arus lalu lintas (Q) merupakan total kendaraan bermotor (MC)

$$\begin{aligned} Q \text{ utara} &= 1663 \text{ smp/jam} \\ Q \text{ timur} &= 1836 \text{ smp/jam} \\ Q \text{ selatan} &= 1117 \text{ smp/jam} \\ Q \text{ barat} &= 1433 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

- b) Menghitung arus jenuh dasar (S_0) dengan menggunakan Persamaan (3)

$$\begin{aligned} S_0 &= 600 \cdot W_e \\ S_0 \text{ utara} &= 600 \cdot 12,20 \\ &= 7320 \text{ smp/jam} \\ S_0 \text{ timur} &= 600 \cdot 13,40 \\ &= 8040 \text{ smp/jam} \\ S_0 \text{ selatan} &= 600 \cdot 12,83 \\ &= 7698 \text{ smp/jam} \\ S_0 \text{ barat} &= 600 \cdot 19,80 \\ &= 11880 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

- c) Menentukan faktor-faktor penyesuaian

Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS}) untuk kota berukuran sedang adalah 0,94. Faktor penyesuaian (F_{SF}) untuk jenis lingkungan, hambatan samping, dan kendaraan tidak bermotor. Tipe jalan komersial dengan hambatan samping yang tinggi dan rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,00. Sehingga faktor penyesuaian F_{SF} sebesar 0,93. Faktor penyesuaian kemiringan F_G adalah 1, dan Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir dan lajur belok kiri yang pendek F_P adalah 1. Menghitung rasio belok kanan P_{RT} dengan menggunakan Persamaan (2)

$$\begin{aligned} P_{RT} \text{ utara} &= RT \text{ (smp/jam)} / \text{Total (smp/jam)} \\ &= 486/1663 \\ &= 0,292 \text{ smp/jam} \\ P_{RT} \text{ timur} &= RT \text{ (smp/jam)} / \text{Total (smp/jam)} \\ &= 534/1836 \\ &= 0,291 \text{ smp/jam} \\ P_{RT} \text{ selatan} &= RT \text{ (smp/jam)} / \text{Total (smp/jam)} \\ &= 379/1117 \\ &= 0,339 \text{ smp/jam} \\ P_{RT} \text{ barat} &= RT \text{ (smp/jam)} / \text{Total (smp/jam)} \\ &= 437/1433 \end{aligned}$$

$$= 0,305 \text{ smp/jam}$$

Faktor penyesuaian belok kanan F_{RT} dengan menggunakan Persamaan (4)

$$F_{RT} \text{ utara} = 1 + 0,26 P_{RT}$$

$$= 1 + (0,26 \cdot 0,292)$$

$$= 1,076 \text{ smp/jam}$$

$$F_{RT} \text{ timur} = 1 + 0,26 P_{RT}$$

$$= 1 + (0,26 \cdot 0,291)$$

$$= 1,076 \text{ smp/jam}$$

$$F_{RT} \text{ selatan} = 1 + 0,26 P_{RT}$$

$$= 1 + (0,26 \cdot 0,339)$$

$$= 1,088 \text{ smp/jam}$$

$$F_{RT} \text{ barat} = 1 + 0,26 P_{RT}$$

$$= 1 + (0,26 \cdot 0,305)$$

$$= 1,079 \text{ smp/jam}$$

Menghitung rasio belok kiri P_{LT} dengan menggunakan Persamaan (1)

$$P_{LT} \text{ utara} = LT \text{ (smp/jam)} / \text{Total (smp/jam)}$$

$$= 522/1663$$

$$= 0,314 \text{ smp/jam}$$

$$P_{LT} \text{ timur} = LT \text{ (smp/jam)} / \text{Total (smp/jam)}$$

$$= 593/1836$$

$$= 0,323 \text{ smp/jam}$$

$$P_{LT} \text{ selatan} = LT \text{ (smp/jam)} / \text{Total (smp/jam)}$$

$$= 349/1117$$

$$= 0,312 \text{ smp/jam}$$

$$P_{LT} \text{ barat} = LT \text{ (smp/jam)} / \text{Total (smp/jam)}$$

$$= 447/1433$$

$$= 0,312 \text{ smp/jam}$$

Faktor penyesuaian belok kiri F_{LT} dengan menggunakan Persamaan (5)

$$F_{LT} \text{ utara} = 1 - 0,16 P_{LT}$$

$$= 1 - (0,16 \cdot 0,314)$$

$$= 0,950 \text{ smp/jam}$$

$$F_{LT} \text{ timur} = 1 - 0,16 P_{LT}$$

$$= 1 - (0,16 \cdot 0,323)$$

$$= 0,950 \text{ smp/jam}$$

$$F_{LT} \text{ selatan} = 1 - 0,16 P_{LT}$$

$$= 1 - (0,16 \cdot 0,312)$$

$$= 0,950 \text{ smp/jam}$$

$$F_{LT} \text{ barat} = 1 - 0,16 P_{LT}$$

$$= 1 - (0,16 \cdot 0,312)$$

$$= 0,950 \text{ smp/jam}$$

d) Menghitung arus jenuh (S) dengan menggunakan Persamaan (6)

Dengan menggunakan data pada sub bab b & c sehingga arus jenuh dapat dihitung seperti berikut ini.

$$S = S_O \cdot F_{CS} \cdot F_{SF} \cdot F_G \cdot F_P \cdot F_{RT} \cdot F_{LT}$$

$$S \text{ utara} = 7320 \cdot 0,94 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,076 \cdot 0,950 = 6541 \text{ smp/jam hijau}$$

$$S \text{ timur} = 8040 \cdot 0,94 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,076 \cdot 0,950 = 7185 \text{ smp/jam hijau}$$

$$S \text{ selatan} = 7698 \cdot 0,94 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,088 \cdot 0,950 = 6956 \text{ smp/jam hijau}$$

$$S \text{ barat} = 11880 \cdot 0,94 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,079 \cdot 0,950 = 10646 \text{ smp/jam hijau}$$

e) Menghitung rasio arus jenuh (FR_{crit}) dengan menggunakan Persamaan (7)

$$FR = Q / S$$

Karena menggunakan 4 fase, maka $(FR_{crit}) = FR$

$$FR_{crit} \text{ utara} = 1663 / 6541 = 0,254$$

$$FR_{crit} \text{ timur} = 1836 / 7185 = 0,255$$

$$FR_{crit} \text{ selatan} = 1117 / 6956 = 0,161$$

$$FR_{crit} \text{ barat} = 1433 / 10646 = 0,135$$

$$\Sigma FR_{crit} = (0,254 + 0,255 + 0,161 + 0,135) = 0,805$$

- f) Menghitung waktu siklus (c) dengan menggunakan Persamaan (10) Dengan digunakannya waktu kuning selama 3 detik/fase dan waktu semua merah selama 1 detik/fase sehingga, LTI = 16 detik, maka waktu siklus dapat dihitung seperti berikut ini.

$$\begin{aligned} c &= (1,5LTI + 5) / (1 - \Sigma FR_{crit}) \\ &= (1,5 \cdot 16 + 5) / (1 - 0,805) \\ &= 148 \text{ detik} \end{aligned}$$

- g) Menghitung waktu hijau (g) dengan menggunakan Persamaan (11)

$$g = (c - LTI) (FR_{crit} / \Sigma FR_{crit})$$

$$g \text{ utara} = (148 - 16) \cdot (0,254 / 0,805) = 42 \text{ detik}$$

$$g \text{ timur} = (148 - 16) \cdot (0,255 / 0,805) = 42 \text{ detik}$$

$$g \text{ selatan} = (148 - 16) \cdot (0,161 / 0,805) = 26 \text{ detik}$$

$$g \text{ barat} = (148 - 16) \cdot (0,135 / 0,805) = 22 \text{ detik}$$

$$LTI = 16 \text{ detik}$$

Sehingga, total waktu = 148 detik

- h) Menghitung kapasitas (C) dengan menggunakan Persamaan (12)

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

$$C \text{ utara} = 6541 (42 / 148) = 1856 \text{ smp/jam}$$

$$C \text{ timur} = 7185 (42 / 148) = 2038 \text{ smp/jam}$$

$$C \text{ selatan} = 6956 (26 / 148) = 1222 \text{ smp/jam}$$

$$C \text{ barat} = 10646 (22 / 148) = 1582 \text{ smp/jam}$$

- i) Menghitung derajat kejenuhan (DS) dengan menggunakan Persamaan (13)

$$DS = Q / C$$

$$DS \text{ utara} = 1663 / 1856 = 0,90$$

$$DS \text{ timur} = 1836 / 2038 = 0,90$$

$$DS \text{ selatan} = 1117 / 1222 = 0,91$$

$$DS \text{ barat} = 1433 / 1582 = 0,91$$

Pada perhitungan diatas didapatkan waktu siklus 148 detik. Dengan waktu hijau g utara 42 detik, g timur 42 detik, g selatan 26 detik dan g barat 22 detik dengan waktu kuning 3 detik/fase. Dengan derajat kejenuhan masing-masing fase yaitu utara 0,90, timur 0,90, selatan 0,91, barat 0,91. Berikut pada Tabel 6 Rekap Perhitungan dari hasil perhitungan diatas yang dapat digunakan sebagai diagram pewaktuan sinyal pada Tabel 7 Waktu sinyal *traffic lights*.

Tabel 5 Rekap Perhitungan
REKAP PERHITUNGAN

Kode Pendekatan	Q (smp/jam)	S (smp/jam)	FRcrit	c (detik)	g (detik)	C (smp/jam)	DS
UTARA	1663	6541	0.254	148	42	1856	0.90
TIMUR	1836	7185	0.255	148	42	2038	0.90
SELATAN	1117	6956	0.161	148	26	1222	0.91
BARAT	1433	10646	0.135	148	22	1582	0.91
			Σ FRcrit = 0.76				

Tabel 6 Waktu sinyal traffic lights

Pendekat	Waktu Nyala Lampu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Merah	Kuning	Hijau	All Red	
Utara	102	3	42	1	148
Timur	102	3	42	1	148
Barat	108	3	26	1	148
Selatan	122	3	22	1	148

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa, untuk memerlukan analisis lalu lintas yang lebih mendalam dan ingin mempertimbangkan aspek teknis yang lebih kompleks maka dengan menggunakan PKJI dapat memberikan pedoman yang lebih *komprehensif*. Sehingga didapatkan waktu siklus *traffic lights* 148 detik. Dengan waktu hijau g utara 42 detik, g timur 42 detik, g selatan 26 detik dan g barat 22 detik dengan waktu kuning 3 detik/fase. Dengan derajat kejenuhan masing-masing fase yaitu utara 0,90, timur 0,90, selatan 0,91, barat 0,91. Berdasarkan standar PKJI 2023, nilai derajat kejenuhan yang diinginkan yaitu ≤ 1.0 maka pada simpang empat alai Kota Padang dinyatakan belum padat akan kendaraan diwaktu jam puncak pagi.

5. Saran

Saran dan masukan yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk perbaikan kinerja persimpangan agar dapat menjadi lebih baik di masa yang akan datang, diantaranya berdasarkan hasil yang didapatkan diperlukannya lagi suatu pengembangan pada perancangan sistem *traffic lights* dengan implementasi lampu lalu lintas yang dapat memonitor situasi lalu lintas dan dapat mengatur timing lampu berdasarkan volume kepadatan lalu lintas, sehingga dapat lebih menuntaskan tertibnya lalu lintas, kurangnya kemacetan, mengurangi angka kecelakaan pengendara, dan mampu melayani transportasi lalu lintas yang melewati persimpangan.

Daftar Pustaka

- [1] F. Haradongan, “Kajian Manajemen Rekayasa Lalu Lintas di Simpang Perawang-Minas Kabupaten Siak,” *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, Volume 21, Nomor 2, Desember 2019: 191-198.
- [2] U. Zikra, “Perancangan Prototype Traffic Light Menggunakan Arduino Mikrokontroler Berbasis Antrian Pada Sebuah Route Persimpangan,” Universitas Islam Negeri (UIN), 2022.
- [3] S.A Ananda, 2021, Analisis Faktor Penyebab Kemacetan Lalu Lintas di Jalan Veteran Jepara, Hal. 1, <http://repository.unimar-amni.ac.id/3705/1/BAB%20I%20pdf.pdf>
- [4] Veronika, & E. Prayitno, “Kinerja Simpang Bersinyal Pada Jam Puncak (Studi Kasus : Simpang Empat Alai, Kota Padang),” *Jurnal REKAYASA* (2020) Vol.10, No. 01. (72-83). *Universitas Bung Hatta, Padang*.
- [5] D. Prastio., Y. A. Sari., & M. Pamadi, “Evaluasi Kinerja Simpang Panbil Terhadap Tingkat Pelayanan Lalu Lintas (Studi Kasus Simpang Panbil – Batam),” *Journal of Civil Engineering and Planning* Vol. 3, No. 1 | 2022. *Universitas Internasional Batam*.
- [6] PKJI, 2023. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Direktorat Jenderal Bina Marga. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.