

PERANCANGAN SIMPANG TAK BERSINYAL PERTIGAAN PAKEM JEMBER

Agung Hari Prasetya

Dosen Pembimbing :

Ir. Totok Dwi Kuryanto, MT; Irawati, ST.MT

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

JL. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia

Email : agungprasetya3894@gmail.com

RINGKASAN

Simpang merupakan tempat terjadinya konflik lalu lintas. Volume lalu lintas yang dapat ditampung jaringan jalan ditentukan oleh kapasitas simpang pada jaringan jalan tersebut. Simpang yang dianalisa pada penelitian ini adalah simpang tak bersinyal tiga lengan Jl. Thamrin– Jl. Basuki Rahmat - Jl. Raya Wirowongso (KH.Wahid Hasyim) Kabupaten Jember. Kawasan tersebut merupakan jalan menuju pusat perekonomian, pusat perkantoran dan Bandara Notohadi Negoro. Pada kenyataan dilapangan, pada pertigaan Pakem terdapat kendaraan berat, seperti truk dan bus yang melintasi dengan tujuan antar kota dan kabupaten. Dari hasil survey dilapangan pada kondisi eksisting, simpang 3 pakem dikategorikan termasuk simpang yang mempunyai tingkat pelayanan B atau dengan kata lain arus lalu lintas stabil. Kombinasi jumlah arus pada jalan mayor dan minor di jalan tersebut memenuhi ketentuan untuk diterapkan sistem simpang tak bersinyal. Analisa ini juga akan meramalkan kondisi lalu lintas untuk 5 tahun ke depan serta dilengkapi dengan simulasi perancangan simpang tak bersinyal dengan cara pelebaran di masing – masing kaki simpang.

Kata Kunci : *Perancangan simpang tak bersinyal.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Simpang jalan merupakan tempat terjadinya konflik lalu lintas. Volume lalu lintas yang dapat ditampung jaringan jalan ditentukan oleh kapasitas simpang pada jaringan jalan tersebut. Kinerja suatu simpang merupakan faktor utama dalam menentukan penanganan yang paling tepat untuk mengoptimalkan fungsi simpang. Parameter yang digunakan untuk menilai kinerja suatu simpang tak bersinyal mencakup ; kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan dan peluang antrian. Dengan menurunnya kinerja simpang akan menimbulkan kerugian pada pengguna jalan karena terjadinya penurunan kecepatan, peningkatan tundaan, dan antrian kendaraan yang mengakibatkan naiknya biaya operasi kendaraan dan menurunnya kualitas lingkungan. Berbeda dengan

simpang bersinyal, pengemudi di simpang tak bersinyal dalam mengambil tindakan kurang mempunyai petunjuk yang positif, pengemudi dengan agresif memutuskan untuk menyudahi *manuver* yang diperlukan ketika memasuki simpang.

Simpang yang dianalisa pada penelitian ini adalah simpang tak bersinyal tiga lengan Jl. Thamrin– Jl. Basuki Rahmat - Jl. Raya Wirowongso (KH.Wahid Hasyim) kota Jember. Kondisi simpang tersebut terjadi kemacetan lalu lintas dan kecelakaan. Kawasan tersebut merupakan jalan menuju pusat perekonomian, pusat perkantoran dan Bandar Udara Notohadi Negoro Jember. Dengan adanya penambahan lebar atau perbaikan jalan pada masing-masing bahu jalan diharapkan akan memberi keleluasaan pada kendaraan. Hal ini

dikarenakan pada pertigaan Pakem terdapat kendaraan berat, seperti truk dan bus yang melintasi dengan tujuan antar kota dan kabupaten. Pada pertengahan tahun 2018 tepatnya pada tanggal 6 Juli 2018 dilakukan kesepakatan antara pihak Pemda Jember, PTPN XII dan Angkasa Putra II untuk melakukan pelebaran jalan di ruas jalan Wahid Hasyim menuju Bandar Udara Notohadinego Jember sepanjang 2 km. meskipun awalnya sempat terhenti, akhirnya kembali berjalan pada hari kamis tanggal 4 Oktober 2018 sebagaimana tertuang dalam MoU atau nota kesepahaman antara Pemkab dengan PTPN XII (Sumber : *jatimtimes.com*). Pelebaran di ruas jalan Wahid Hasyim menuju Bandar Udara Notohadinegoro bertujuan untuk menunjang fasilitas di Bandara Notohadinego. Oleh karena itu, pertigaan Pakem ini diperlukan

evaluasi pergerakan atau sirkulasi kendaraan yang melintasi pertigaan tersebut.



Gambar.1 Lokasi Penelitian (Sumber : *Google map, 2018*)

1.2. Pokok Permasalahan

Dengan memperhatikan latar belakang sebagaimana disajikan di atas, maka pokok permasalahan yang diperlukan untuk kajian adalah :

1. Bagaimana kondisi arus lalu lintas simpang tak bersinyal dengan adanya variasi jumlah kendaraan yang melintasi simpang dari lengan major maupun minor. Banyaknya kendaraan berat dan ringan yang melewati pertigaan Pakem.

2. Bagaimana kondisi ruas jalan dan simpang pada tahun 2019 (existing).
3. Bagaimana peramalan kondisi lalu lintas untuk 5 tahun kedepan.
4. Bagaimana melengkapi simulasi perancangan simpang tak bersinyal.

1.4. Pembatasan Permasalahan

Pada permasalahan pada simpang tak bersinyal sangat kompleks, oleh karena itu dalam penelitian ini melakukan pembatasan antara lain :

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk :

1. Mengetahui kinerja simpang tak bersinyal dengan menganalisa kondisi lapangan di simpang tak bersinyal meliputi kapasitas (C), derajat kejenuhan (DS), peluang antrian (QP%).

1. Analisis kinerja persimpangan meliputi kapasitas (C), derajat kejenuhan (DS), dan tundaan (D); peluang antrian QP%’ dihitung dengan metode MKJI 1997,

2. Mengkaji pemberlakuan simpang bersinyal pada simpang tiga Jl. Thamrin– Jl. Letjen.Suparman - Jl. Raya Wahid Hasyim kota Jember.

2. Konflik volume lalu lintas di simpang tak bersinyal meliputi :
 - Kendaraan belok kiri
 - Kendaraan belok kanan
 - Kendaraan berjalan lurus

3. Tidak menganalisa kelandaian pada simpang, jarak pandang, dan kecepatan kendaraan pada saat memasuki simpang.

4. Faktor hambatan samping mengacu pada ketentuan yang sudah ada. (MKJI 1997).

Parameter yang ditinjau merupakan perilaku pengendara kendaraan disimpang tak bersinyal meliputi :

1. Jumlah kendaraan di simpang baik jalan major maupun minor
2. Waktu antara kendaraan memasuki pertigaan Pakem Jember
3. Kondisi tata guna lahan untuk perencanaan lengkungan horizontal

1.5. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan kota Jember dan sebagai pertimbangan pemilihan lokasi simpang tak bersinyal dalam penelitian ini adalah:

1. Volume lalu lintas simpang cukup tinggi.
2. Banyaknya kendaraan dari jalan minor belok kanan untuk memasuki jalan major.
3. Dalam MKJI (1997) simpang tak bersinyal khususnya kota Jember
4. Jarak pandang yang cukup luas.
5. Pada jalan major tidak memiliki median.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti untuk menambah wawasan dalam pengembangan ilmu

akademik dan pengetahuan di bidang analisis simpang tak bersinyal;

2. Bagi Dinas PU dan Pemda Kabupaten Jember dalam perencanaan, atau sebagai bahan masukan untuk penetapan sistem prioritas batas berhenti kendaraan, pembuatan dan perbaharuan marka dan rambu yang relevan dan jelas serta bahan pertimbangan untuk penanganan simpang tak bersinyal (*non traffic lights*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Simpang

Pengertian Simpang atau pertigaan adalah bagian yang tidak terpisahkan dari jaringan jalan. Di daerah perkotaan biasanya banyak memiliki simpang, dimana pengemudi harus memutuskan untuk

berjalan lurus atau berbelok dan pindah jalan untuk mencapai satu tujuan. Simpang dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya (Khisty, 2005). Secara umum terdapat 3 (tiga) jenis persimpangan, yaitu : (1) simpang sebidang, (2) pemisah jalur jalan tanpa *ramp*, dan (3) *interchange* (simpang susun). Simpang sebidang (*intersection at grade*) adalah simpang dimana dua jalan atau lebih bergabung, dengan tiap jalan mengarah keluar dari sebuah simpang dan membentuk bagian darinya. Jalan-jalan ini disebut kaki simpang/lengan simpang atau pendekat. Dalam perancangan persimpangan sebidang, perlu mempertimbangkan elemen dasar sebagai berikut :

1. **Faktor manusia**, seperti kebiasaan mengemudi, waktu pengambilan keputusan, dan waktu reaksi.
2. **Pertimbangan lalu lintas**, seperti kapasitas, pergerakan berbelok, kecepatan kendaraan, ukuran kendaraan, dan penyebaran kendaraan.
3. **Elemen fisik**, seperti jarak pandang, dan fitur-fitur geometrik.
4. **Faktor ekonomi**, seperti konsumsi bahan bakar, nilai waktu.

Notasi, istilah dan definisi khusus untuk simpang tak bersinyal ada beberapa istilah yang digunakan. Notasi, istilah dan defenisi dibagi menjadi 3, yaitu : Kondisi geometrik, Kondisi lingkungan dan Kondisi Lalulintas.

Tabel 2.1. Notasi, Istilah dan Definisi pada simpang tak bersinyal

NOTASI	ISTILAH	DEFINISI
Kondisi Geometrik		
	Lengan	Bagian simpang jalan dengan pendekat masuk atau keluar

2.2 Definisi dan Istilah di Simpang Tak Bersinyal

	Jalan utama	Adalah jalan yang paling penting pada simpang jalan, misalnya dalam hal klasifikasi jalan. Pada suatu simpang 3 jalan yang			menerus selalu ditentukan sebagai jalan utama.
			A,B,C,D	Pendekatan	Tempat masuknya kendaraan dalam suatu lengan simpang jalan.

		Pendekat jalan utama notasi B dan D dan jalan simpang A dan C. Dalam penulisan notasi sesuai dengan perputaran arah jarum jam.
Wx	Lebar masuk pendekat X (m)	Lebar dari bagian pendekat yang
WAC WBC	Lebar Pendekat Jalan Rata-Rata (m)	Lebar rata-rata pendekat ke simpang dari jalan.
	Jumlah Lajur	Jumlah lajur ditentukan dari lebar masuk jalan dari jalan tersebut.
Kondisi Lingkungan		
CS	Ukuran Kota	Jumlah penduduk dalam suatu daerah perkotaan
SF	Hambatan Samping	Dampak terhadap kinerja lalu lintas akibat kegiatan sisi jalan.

		diperkeras, diukur dibagian tersempit, yang digunakan oleh lalu lintas yang bergerak. X adalah nama pendekat.
Wi	Lebar Pendekat Simpang Rata-Rata	Lebar efektif rata-rata dari seluruh pendekat pada simpang.
Kondisi Lalu Lintas		
PLT	Rasio Belok Kiri	Rasio kendaraan belok kiri $PLT = \frac{QLT}{Q}$
QTOT	Arus Total	Arus kendaraan bermotor total di simpang dengan menggunakan satuan veh, pcu dan AADT
PUM	Rasio Kendaraan Tak Bermotor	Rasio antara kendaraan tak

		bermotor dan kendaraan bermotor di simpang
QMI	Arus Total Jalan Simpang/m inor	Jumlah arus total yang masuk dari jalan simpang/minor (veh/h atau pcu/h)
QMA	Arus Total Jalan Utama/major	Jumlah arus total yang masuk dari jalan utama/major (veh/h atau pcu/h)

Sumber : MKJI 1997.

2.3 Lebar Pendekat Jalan Rata-rata, Jumlah Lajur dan Tipe Simpang

Adapun Lebar pendekat rata-rata untuk jalan simpang dan jalan

utama dapat dihitung menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$WAC = (WA + WC) / 2 \text{ dan } WBD = (WB + WD) / 2 \dots\dots\dots (1)$$

Lebar pendekat rata-rata untuk seluruh simpang adalah :

$$W1 = (WA + WC + WB + WD) / \text{Jumlah lengan simpang} \dots\dots\dots (2)$$

Jika $a = 0$, maka $W1 = (WC + WB + WD) / \text{Jumlah lengan simpang}$

Jumlah lajur yang digunakan untuk keperluan perhitungan ditentukan dari lebar rata-rata pendekat jalan untuk jalan simpang dan jalan utama sebagai berikut:

Tabel 2.2. Lebar Pendekat dan Jumlah Lajur

Lebar pendekatan rata-rata, W_{AC}, W_{BD} (m)	Jumlah lajur (total) untuk kedua arah	$W_{BD} = (b+d/2)/2$ <5,5	2
		$\geq 5,5$	4
		$W_{AC} = (a/2+c/2)/2$ <5,5	2
		$\geq 5,5$	4

Sumber : MKJI 1997

Tipe simpang/*intersection type* (IT) ditentukan banyaknya lengan simpang dan banyaknya lajur pada jalan major dan jalan minor di simpang tersebut dengan kode tiga angka seperti terlihat di tabel 2.3 di bawah ini. Jumlah lengan adalah banyaknya lengan dengan lalu lintas masuk atau keluar atau keduanya.

Tabel 2.3. Kode Tipe Simpang (IT)

Kode IT	Jumlah Lengan Simpang	Jumlah Lajur Jalan Minor	Jumlah Lajur Jalan Major
322	3	2	2
324	3	2	4
342	3	4	2
422	4	2	2
424	4	2	4

Sumber : MKJI 1997

2.4 Peralatan Pengendali Lalulintas

Pada peralatan pengendali lalu lintas meliputi ; rambu, marka, penghalang yang dapat dipindahkan, dan lampu lalulintas. Seluruh peralatan pengendali lalu lintas pada simpang dapat digunakan secara

terpisah atau digabungkan bila perlu.

Kesemuanya merupakan sarana utama pengaturan, peringatan, atau pemandu lalu lintas. Fungsi peralatan pengendali lalu lintas adalah untuk menjamin keamanan dan efisien simpang dengan cara memisahkan aliran lalu lintas kendaraan yang saling bersinggungan. Dengan kata lain, hak prioritas untuk memasuki dan melalui suatu simpang selama periode waktu tertentu diberikan satu atau beberapa aliran lalu lintas (moda darat).

Pengendalian lalu lintas di simpang, terdapat beberapa cara utama yaitu :

1. Rambu *stop* (berhenti) atau rambu *yield* (beri jalan/*give way*),
2. Rambu pengendalian kecepatan,
3. Kanalisasi di simpang (*Channelization*),
4. Bundaran (*Roundabout*),

5. Lampu pengatur lalu lintas.

2.5 Konflik Lalu lintas Simpang

Pada daerah simpang, lintasan kendaraan akan berpotongan pada satu titik-titik konflik. Konflik ini akan menghambat pergerakan dan juga merupakan lokasi potensial untuk terjadinya bersentuhan/tabrakan (kecelakaan). Arus lalu lintas yang terkena konflik pada suatu simpang mempunyai tingkah laku yang kompleks, setiap gerakan berbelok (ke kiri atau ke

nual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) menyatakan ukuran kinerja lalu lintas diantaranya adalah *Level of Performace* (LoP). LoP berarti ukuran kuantitatif yang menerangkan kondisi operasional dari fasilitas lalu lintas seperti yang dinilai oleh pembina jalan (pada umumnya di nyatakan dalam

kanan) ataupun lurus masing-masing menghadapi konflik yang berbeda dan berhubungan langsung dengan tingkah laku gerakan tersebut. Pada dasarnya ada empat jenis pertemuan gerakan lalu lintas adalah:

1. Gerakan memotong (*Crossing*)
2. Gerakan memisah (*Diverging*)
3. Gerakan menyatu (*Merging / Converging*)
4. Gerakan jalinan/anyaman (*Weaving*).

2.6 Kinerja Lalulintas

Pada Ma kapasitas, derajat kejenuhan, kecepatan rata-rata, waktu tempuh, tundaan, peluang antrian, panjang antrian dan rasio kendaraan terhenti). Ukuran-ukuran kinerja simpang tak bersinyal berikut dapat diperkirakan untuk kondisi tertentu sehubungan dengan geometrik, lingkungan dan lalu lintas adalah :

persamaan sebagai berikut :

$$DS = \frac{Q_{smp}}{c} \dots\dots\dots(4)$$

keterangan ;

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam)

Q_{smp}= Arus total

sesungguhnya(smp/jam), dihitung sebagai berikut :

$$Q_{smp} = Q_{kend.} \times F_{smp}$$

F_{smp} merupakan faktor ekivalen mobil penumpang (emp).

2.6.3 Tundaan (D)

Pengertian Tundaan di persimpangan adalah total waktu hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan sewaktu melewati suatu simpang (Tamin. O.Z, 2000 ; hal 543). Hambatan tersebut muncul jika kendaraan berhenti karena terjadinya antrian di simpang sampai kendaraan itu keluar dari simpang karena adanya pengaruh kapasitas simpang yang sudah tidak memadai.Nilai tundaan mempengaruhi nilai waktu

tempuh kendaraan.Semakin tinggi nilai tundaan, semakin tinggi pula waktu tempuh.

1. Tundaan lalu lintas rata-rata untuk seluruh simpang (DT_i)

Tundaan lalu lintas rata-rata DT_i (detik/smp) adalah tundaan rata-rata untuk seluruh kendaraan yang masuk simpang.Tundaan DT_i ditentukan dari hubungan empiris antara tundaan DT_i dan derajat kejenuhan DS.

- Untuk DS ≤ 0,6 :

$$DT_i = 2 + (8.2078 \times DS) - [(1 - DS) \times 2] \dots\dots\dots(5)$$

-Untuk DS > 0,6 :

$$DT_i = \frac{1.0504}{[0.2742 - (0.2042 \times DS)]} - [(1 - DS) \times 1,8] \dots\dots\dots(6)$$

2. Tundaan lalu lintas rata-rata untuk jalan major (DT_{MA})

Tundaan lalu lintas rata-rata untuk jalan major merupakan tundaan lalu lintas rata rata untuk

seluruh kendaraan yang masuk di simpang melalui jalan major.

- Untuk $DS \leq 0,6$:

$$DT_{MA} = 1,8 + (5,8234 \times DS) - [(1 - DS) \times 1,8] \dots \dots \dots (7)$$

- Untuk $DS > 0,6$:

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

3. Tundaan lalu lintas rata-rata jalan minor (DT_{MI})

Tundaan lalu lintas rata-rata jalan minor ditentukan berdasarkan tundaan lalu lintas rata-rata (DT_i) dan tundaan lalu lintas rata-rata jalan major (DT_{MA}).

$$DT_{MI} = \frac{[(Q_{TOT} \times DT_i) - (Q_{MA} \times DT_{MA})]}{Q_{MI}} \dots \dots \dots (9)$$

keterangan :

$$Q_{smp} = \text{Arus total}$$

sesungguhnya (smp/jam),

Q_{MA} = Jumlah kendaraan yang masuk di simpang melalui jalan

major (smp/jam)

Q_{MI} = Jumlah kendaraan yang masuk di simpang melalui jalan minor (smp/jam)

4. Tundaan geometrik simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata

seluruh kendaraan bermotor yang masuk di simpang. DG dihitung menggunakan persamaan :

Untuk $DS < 1,0$:

$$DG = (1 - DS) \times (PT \times 6 + (1 - PT) \times 3) + DS \times 4 \dots \dots \dots (10)$$

Untuk $DS \geq 1,0$:

$$DG = 4 \text{ detik/smp} \dots \dots \dots (11)$$

1. Tundaan simpang (D)

Tundaan simpang dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$D = DG + DT_i \dots \dots \dots (12)$$

2.6.4 Peluang Antrian (QP%)

Batas nilai peluang antrian QP% (%) ditentukan dari hubungan empiris antarapeluang antrian QP% dan derajat kejenuhan DS. Peluang antrian dengan batas atas dan batas bawah dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut di bawah ini (MKJI 1997) :

$$\text{Batas atas : } QPa = (47,71 \times DS) - (24,68 \times DS2) + (56,47 \times DS3) \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{Batas Bawah : } QPb = (9,02 \times DS) + (20,66 \times DS2) + (10,49 \times DS3) \dots\dots\dots (14)$$

2.7 Satuan Mobil Penumpang

Pada Lalu lintas terdiri dari berbagai komposisi kendaraan, sehingga volume lalu lintas menjadi lebih praktis jika dinyatakan dalam jenis kendaraan standar. Standar tersebut yaitu mobil penumpang sehingga dikenal dengan satuan mobil penumpang (smp). Untuk

mendapatkan volume lalu lintas dalam satuan smp, maka diperlukan faktor konversi dari berbagai macam kendaraan menjadi mobil penumpang. Faktor konversi tersebut dikenal dengan ekivalen mobil penumpang (emp) MKJI (1997) mengklasifikasikan kendaraan menjadi 4 (empat) golongan adalah :

Tabel 2.4. Penggolongan jenis kendaraan dan nilai emp untuk persimpangan tak bersinyal

Jenis Kendaraan	Notasi	Nilai emp
Kendaraan Ringan	LV	1.0
Kendaraan Berat	HV	1.3
Sepeda Motor	MC	0.5
Kendaraan Bermotor Tak Bermotor	UM	-

Sumber : MKJI (1997)

2.8 Penentuan Nilai Ekivalen Mobil Penumpang

Nilai ekivalen mobil penumpang (emp) merupakan faktor dari berbagai tipe kendaraan dibandingkan dengan sebuah kendaraan ringan, untuk kendaraan ringan ekivalensi mobil penumpang (emp) adalah 1,0 (MKJI 1997). Ekivalen mobil penumpang bisa

ditentukan berdasarkan beberapa hal diantaranya adalah :

A. Metode waktu perjalanan

Menurut Keller et al (1984), mengembangkan suatu prosedur untuk memperkirakan nilaiemp kendaraan berat dengan memperkirakan jumlah keterlambatan oleh kendaraan dari berbagai ukuran dan beratnya. Dasar studi tersebut adalah pengaruh relative pengurangan kapasitas jalan dari kendaraan besar berbanding lurus terhadap penambahan keterlambatan yang disebabkan oleh kendaraan tersebut bila dibandingkan dengan kasus yang sama pada mobil penumpang. Oleh sebab itu dihipotesiskan pengaruh relatif pengurangan kapasitas jalan dihitung dalam emp, sehingga dapat diperkirakan sebagai perbandingan dari total waktu perjalanan dari kendaraan berat terhadap mobil

penumpang ketika melakukan perjalanan melalui jaringan jalan.

B. Metode jam kendaraan

Untuk Kapasitas jalan disuatu titik tertentu secara konvensional dinyatakan sebagaijumlah maksimum kendaraan yang melewati titik tersebut persatuan waktu. Disuatupeggalan jalan dapat dinyatakan dalam jam kendaraan, yaitu perkalian jumlah kendaraan dengan waktu tempuh dari kendaraan yang melalui peggalan jalan tersebut. Semakin lambat kendaraan dari kendaraan lain akan memerlukan jumlah jam kendaraan lebih banyak untuk trip yang sama terhadap sebuah kendaraan mobil penumpang. Penambahan jam kendaraan untuk suatu kendaraan dibanding dengan kendaraan mobil penumpang selama melewati peggalan jalan dapat dipakai

sebagai dasar perhitungan emp (Summer, et al. 1983).

C. Metode Headway

Ekivalen mobil penumpang bisa ditentukan dengan pencatatan headway antarakendaraan-kendaraan yang melintas, pengamatan dibagi dalam kelompok seperti :

1. Mobil penumpang mengikuti mobil penumpang
2. Mobil barang mengikuti mobil penumpang
3. Mobil penumpang mengikuti mobil barang
4. Mobil barang mengikuti mobil barang

Dalam kondisi yang perlu diperhatikan adalah jumlah headway rata-rata dari mobil penumpang mengikuti mobil penumpang dan mobil barang mengikuti mobil barang harus sama dengan jumlah headway rata-rata mobil penumpang

mengikuti mobil barang dan mobil barang mengikuti mobil penumpang (sarana).

D. Metode kapasitas

Untuk nilai emp untuk kendaraan dihitung dengan metode kapasitas dengan menggunakan persamaan regresi linier berganda. Persamaan regresi linier berganda adalah sebagai berikut :

$$Q = a_1 * Q_{LVij} + a_2 * Q_{LVij} + a_3 * Q_{MCij} + a_4 * Q_{UMij} \dots\dots\dots (15)$$

Dengan menganggap Q sebagai konstanta dan Q_{LVij} sebagai variable bebas, maka persamaan ditulis menjadi:

$$Q_{LVij} = Q - a_2 * Q_{HVij} - a_3 * Q_{HVij} - a_4 * Q_{UMij} \dots\dots\dots (16)$$

Ketentuan uji statistik untuk penerimaan nilai emp kendaraan adalah berdasarkan ketentuan uji

statistik untuk penerimaan nilai emp kendaraan adalah berdasarkan hal-hal sebagai berikut :

1. Jika Probabilitas (α) > 0,05, maka koefisien tidak bisa dipakai,
2. Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka persamaan adalah bersifat nyata,
3. Jika R mendekati 1 atau -1, maka persamaan regresi hubungan linier sempurna,.
4. Tolak H_0 jika $t_{hitung} > t_{\alpha/2}$ atau $t_{hitung} < -t_{\alpha/2}$ dengan hipotesis H_0 adalah koefisien regresi tidak berbeda nyata sehingga tidak memberikan sumbangan kepada semua persamaan, dan H_1 adalah koefisien berbeda nyata sehingga memberikan sumbangan pada persamaan.

2.9 Arus Lalu Lintas

Menurut MKJI (1997) arus lalu lintas adalah jumlah unsur lalu lintas yang melalui titik tak terganggu dihilangkan, pendekatan per satuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan/jam atau smp/jam. Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan belok kiri QLT, lurus QST dan belok kanan QRT dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekuivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan (MKJI, 1997).

Tabel 2.5 Nilai Emp untuk masing-masing jenis kendaraan.

Jenis Kendaraan	Emp Untuk Tipe Pendekatan	
	Terlindungi	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Kendaraan Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber : MKJI (1997)

dan tipe pendekat terlindungi (arus berangkat terlindungi). Tipe pendekat terlawan (tipe O) yaitu arus berangkat dengan konflik dengan antara gerak belok kanan dan gerak lurus/belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama. Tipe pendekat terlindungi (tipe P) yaitu arus berangkat tanpa konflik antara gerakan lalu lintas berbelok dan lurus.

2.10 Waktu Hilang

Waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau :

$$LTI = \sum (MERAH SEMUA + KUNING)_i = \sum I G_i \dots \dots \dots (17)$$

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

Gambar 2.1 Penentuan tipe pendekat

2.11 Penentuan Waktu Sinyal

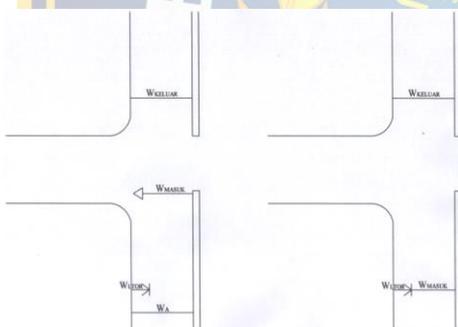
2.11.1 Tipe Pendekat

Untuk tipe pendekat dibagi menjadi dua yakni tipe pendekat terlawan (arus berangkat terlawan)

2.11.2 Lebar efektif pendekat

Pada Lebar efektif (W_e) dari setiap pendekat berdasar informasi tentang lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{MASUK}) dan lebar keluar

(W_{KELUAR}). Prosedur untuk pendekat tanpa belok kiri langsung (LTOR), periksa lebar keluar (hanya untuk tipe P). Jika $W_{KELUAR} < W_e \times (1 - p_{RTPLTOR})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{KELUAR} , dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat dilakukan hanya untuk lalu lintas lurus saja (yaitu $Q = Q_{ST}$). Prosedur untuk pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR). Lebar efektif ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Pendekat dengan dan tanpa Pulau Lalu Lintas.

2.12 Arus Jenuh

Salah satu faktor penting dalam menghitung lalu lintas adalah

arus jenuh (s) menjelang persimpangan. Arus jenuh (s) merupakan arus maksimum yang dapat melewati persimpangan dari satu arah tanpa gangguan lalu lintas.

Untuk pengukuran arus jenuh biasanya dilakukan pada kendaraan dihitung perjam waktu hijau, MKJI (1997) memberikan rumus arus jenuh sebagai berikut : Warpani (1988),

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (18)$$

Keterangan :

S_0 : arus jenuh dasar (smp/jam waktu hijau)

F_{CS} : faktor koreksi

ukuran kota

F_{SF} : faktor koreksi hambatan samping

F_G : faktor koreksi gradien

F_P : faktor koreksi parkir

FRT : faktor koreksi belok kanan
Keterangan : W= lebar efektif approach

FLT : faktor koreksi belok kiri
Sedangkan faktor koreksi yang diberikan MKJI (1997) seperti

Untuk arus jenuh dasar S_o sebagai $S = S_o, FCS, F_{SF}, F_p, F_{RT},$ dan F_{LT} .

berikut : Tabel 2.6 Faktor penyesuaian ukuran

Untuk approach tipe P (protected kota FCS

approach)

$S_o = 600 \times W_e$

(19)

Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
>3,0	1,0
1,0-3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
<0,1	0,82

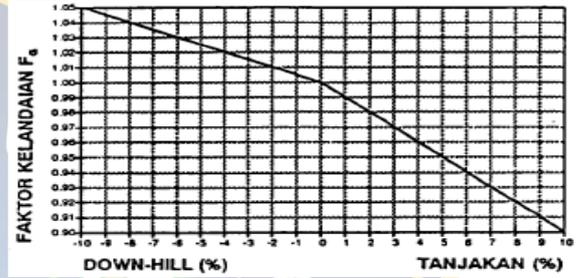
Sumber : MKJI (1997)

Tabel 2.7 Faktor penyesuaian hambatan samping FSF

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor						
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25	
Komersial (COM)	Tinggi	Terlalu	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70	
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Terlalu	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	1,00	
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Sedan	Terlalu	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	1,00
				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Rendah	Terlalu	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	2,00	
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Terlalu	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	2,00	
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Sedan	Terlalu	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	2,00
				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perumahan (RES)	Tinggi	Terlalu	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	4,00	
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Terlalu	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	4,00		
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Sedan	Terlalu	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	3,00	
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Akses Terbatas (RA)	Tinggi	Terlalu	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	5,00	
			1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Sedan	Terlalu	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	8,00	
			1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Rendah	Terlalu	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	5,00	
			1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

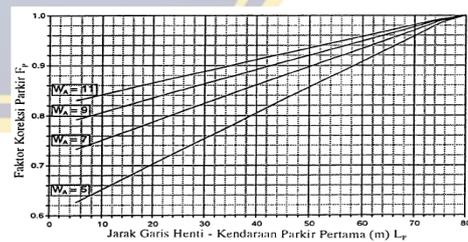
Sumber : MKJI (1997).

Berdasarkan pada MKJI (1997), untuk mencari nilai faktor kelandaian dapat menggunakan grafik dibawah ini :



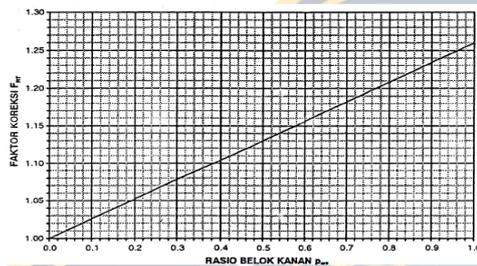
Gambar 2.3 Faktor penyesuaian kelandaian (F_G)

Berdasarkan pada MKJI (1997), untuk mencari nilai faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir dan lajur belok kiri terbatas, dapat menggunakan grafik dibawah ini:



Gambar 2.4 Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir dan lajur belok kiri yang pendek.

Berdasarkan pada MKJI 1997, untuk mencari faktor penyesuaian belok kanan (FRT), hanya berlaku untuk pendekat tipe P, jalan dua arah menggunakan rumus dan grafik sebagai berikut:



Gambar 2.5 Faktor penyesuaian

untuk belok kanan

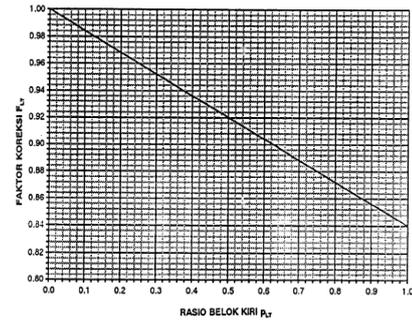
Dimana :

$$FRT = 1,0 + PRT \times 0,26 \dots\dots\dots (20)$$

Keterangan :

PRT : rasio belok kanan

Berdasarkan pada MKJI 1997, untuk mencari factor penyesuaian belok kiri (FLT), hanya berlaku untuk pendekat tipe P tanpa LTOR, jalan dua arah menggunakan rumus dan grafik sebagai berikut :



Gambar 2.6 Faktor

penyesuaian untuk belok kiri

Dimana :

$$FLT = 1,0 + PLT \times 0,16 \dots\dots\dots (21)$$

Keterangan :

PLT : rasio belok kiri

2.13 Rasio Arus/Rasio Arus

Jenuh

Untuk Rasio arus (FR)

(MKJI, 1997):

$$FR = Q/S \dots\dots\dots (22)$$

Keterangan :

FR : arus jenuh

Q : arus lalu lintas

S : arus jenuh

Rasio arus simpang (MKJI, 1997)

:

$$IFR = \Sigma (F_{crit}) \dots\dots\dots (23)$$

Keterangan : ΣFR_{crit} : jumlah dari ΣFR_{crit}

IFR : arus jenuh simpang untuk semua fase dalam siklus

(FR_{crit}) : rasio arus tertinggi

Rasio fase (MKJI, 1997)

$$PR = FR_{crit}/IFR \dots\dots\dots (24)$$

Keterangan :

PR : rasio fase

IFR : arus jenuh simpang

2.15 Waktu Hijau

Untuk Waktu hijau untuk

setiap fase (MKJI,1997):

$$g_i = (c-LT) \times PR_i \dots\dots\dots (26)$$

Keterangan :

g_i : waktu nyala hijau dalam

fase I (detik)

c : waktu siklus yang

disesuaikan (detik)

LT : total waktu hilang per siklus

(detik)

PR : rasio arus $FR_{crit}/(\Sigma FR_{crit})$

Waktu siklus yang disesuaikan

(MKJI, 1997):

$$c = \Sigma g + LTI \dots\dots\dots (27)$$

Keterangan :

Σg : jumlah waktu hijau

LT : total waktu hilang per

siklus (detik)

FR : arus/jenuh (Q/S)

FR_{crit} : nilai tertinggi dari

FR pada semua approach yang

berhenti dalam

sebuah fase sinyal

2.14 Waktu Siklus

Pemakaian Rumus MKJI

(1997), waktu siklus sebelum

penyesuaian:

$$c = \frac{(1.5 \times LT + 5)}{(1 - \Sigma FR_{crit})} \dots\dots\dots (25)$$

Keterangan :

C : waktu siklus sinyal

(detik)

LT : total waktu hilang

per siklus (detik)

FR : arus/jenuh (Q/S)

FR_{crit} : nilai tertinggi dari

FR pada semua approach yang

berhenti dalam

sebuah fase sinyal

2.16 Kapasitas

Pada kapasitas lengan persimpangan bersinyal adalah arus maksimum yang lewat lengan dimana kapasitas itu tergantung pada waktu hijau yang tersedia dan maksimum kendaraan yang dapat melewati garis henti, dinyatakan dalam MKJI (1997) sebagai berikut:

$$C = S/c \times g \dots\dots\dots (28)$$

Keterangan :

- S : arus jenuh (smp/jam)
- C : kapasitas (smp/jam)
- g : arus jenuh (smp/jam waktu hijau)
- c : waktu siklus (detik)

Derajat kejenuhan (MKJI, 1997) :

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots (29)$$

Keterangan :

- Q : arus lalu lintas
- C : kapasitas

2.17 Panjang Antrian

pada $DS > 0,5$ maka NQ_1 sebagai berikut :

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \dots\dots\dots (30)$$

Sedangkan $DS \leq 0,5$ maka

NQ_1 sebagai berikut :

$$NQ_1 = 0 \dots\dots\dots (31)$$

Keterangan :

- NQ_1 : jumlah smp yang tersedia dari fase hijau sebelumnya
- DS : derajat kejenuhan
- GR : rasio hijau $\left(\frac{g}{c}\right)$
- C : kapasitas (smp/jam)

= arus jenuh dikalikan rasio hijau

$$(S \times GR)$$

Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2)

(MKJI, 1997) :

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots (32)$$

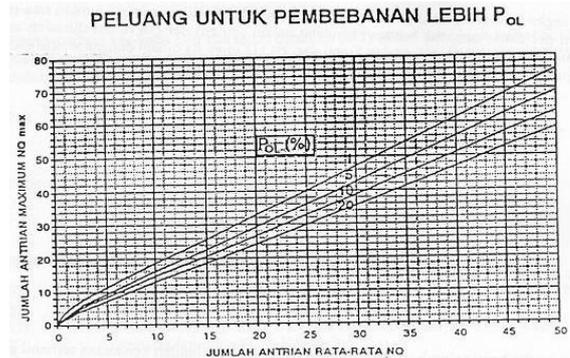
Keterangan :

NQ2 : jumlah smp yang datang selama fase merah

Ds : derajat kejenuhan

GR : rasio arus

C : waktu siklus (det)



Total jumlah antrian kendaraan (MKJI,1997):

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots \dots \dots (33)$$

Keterangan :

NQ : jumlah kendaraan antri

NQ1 : jumlah smp yang tersedia dari fase hijau sebelumnya

NQ2 : jumlah smp yang datang selama fase merah

Panjang antrian (MKJI,1997):

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}} \text{ (m)} \dots \dots \dots (34)$$

Keterangan :

QL : panjang antrian

NQ_max : jumlah antrian

W_masuk : lebar masuk

Dimana nilai NQ_max = jumlah antrian maksimum yang didapat dari gambar sebagai berikut :

Gambar 2.7 Jumlah antrian maksimum (NQ_max)

2.18 Kendaraan Berhenti

Pada Angka henti (NS) masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) (MKJI, 1997).

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots \dots \dots (35)$$

Keterangan :

C : waktu siklus

Q : arus lalu lintas

Jumlah kendaraan berhenti, Nsv (MKJI.1997):

$$Nsv = Q \times NS \dots \dots \dots (36)$$

Angka henti seluruh simpang (MKJI, 1997):

$$NSTOT = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{tot}} \dots \dots \dots (37)$$

Keterangan :

NStotal : angka henti total seluruh simpang

$\sum N_{sv}$: jumlah kendaraan terhenti

Q_{tot} : arus lalu lintas (smp/jam).

2.19 Tundaan

Rata-rata tundaan untuk setiap pendekat dapat ditentukan dengan menggunakan rumus (MKJI,1997) sebagai berikut :

$$DT = cxA + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \dots \dots \dots (38)$$

Keterangan :

DT : tundaan lalu lintas rata-rata

C : waktu siklus

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

GR : rasio arus

DS : derajat kejenuhan

NQ_1 : jumlah smp yang tersisadari fase hijau sebelumnya

C : kapasitas

Tundaan geometri rata-rata masing-masing pendekat (MKJI,1997):

$$DG = (1-p_{sv}) \times p_{TX} \times 6 + (p_{sv} \times 4) \dots \dots \dots (39)$$

Keterangan :

DG : tundaan geometri rata-rata untuk pendekat (det/smp)

P_{sv} : rasio kendaraan terhenti pada pendekat

p_r : rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Tundaan rata-rata unuk seluruh simpang(MKJI,1997):

$$D = \frac{\sum (Q \times DG)}{Q_{tot}} \dots \dots \dots (40)$$

Keterangan :

D : tundaan rata-rata untuk seluruh simpang

Q : arus lalu lintas

DG : tundaan geometri rata-rata untuk pendekat (det/smp)

Q_{TOT} : arus total ➤ Kepadatan lalu lintas sangat rendah dengan kecepatan yang dapat dikendalikan oleh pengemudi berdasarkan batasan kecepatan maksimum/minimum dan kondisi fisik jalan

Rata-rata tundaan dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan, baik setiap masing-masing pendekatan maupun persimpangan secara keseluruhan. Hubungan antara tingkat pelayanan dengan tundaan yang diberikan *US Highway Capacity Manual* (TRB Spesial Report, 2000) seperti pada tabel berikut.

LOS	DELAY/VEH
	S
A	<10,0
B	>10,0-20,0
C	>20,0-35,0
D	>35,0-55,0
E	>55,0-80,0
F	>80,0

Tabel 2.8 Tingkat pelayanan dengan tundaan

tundaan

Sumber : TRB Spesial Report, 2000

Pada Tingkat pelayanan A, dengan

ciri-ciri :

➤ Arus bebas dengan volume lalu lintas rendah dan kecepatan tinggi

Pada Tingkat pelayanan B, dengan

ciri-ciri :

➤ Arus stabil dengan volume lalu lintas sedang dan kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas

➤ Kepadatan lalu lintas rendah hambatan internal lalu lintas belum mempengaruhi kecepatan

➤ Pengemudi masih punya cukup kebebasan untuk

memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.

➤ Kepadatan lalu lintas sedang namun fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar

Pada Tingkat pelayanan C, dengan ciri-ciri :

➤ Arus stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi

➤ Pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang singkat

➤ Kepadatan lalu lintas sedang karena hambatan internal lalu lintas meningkat

➤ Pengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan, pindah lajur atau mendahului

Pada Tingkat pelayanan E, dengan ciri-ciri :

Pada Tingkat pelayanan D, dengan ciri-ciri :

➤ Arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas tinggi dan kecepatan masih ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus

➤ Arus lebih rendah daripada tingkat pelayanan D dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah

➤ Kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi

- Pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan durasi pendek

Pada Tingkat pelayanan F, dengan ciri-ciri :

- Arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang
- Kepadatan lalulintas sangat tinggi dan volume rendah serta terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama
- Dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai 0.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil survey kondisi eksisting Kapasitas Simpang 3 Pakem sebesar 2709,15 Smp/jam, V/c Rasio sebesar 0,63, tundaan sebesar 11,22 detik/kendaraan serta peluang antrian sebesar 16,4% - 53,6% sehingga simpang tersebut dikategorikan termasuk simpang yang mempunyai tingkat pelayanan **B** atau dengan kata lain arus lalu lintas stabil, volume lalu lintas sedang, kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas sehingga pengemudi punya kebebasan memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.
2. Jalan Basuki Rahmad dan Jalan MH. Thamrin yang merupakan jalan mayor memiliki volume lalu lintas sebesar 23.776 kend/hari, sedangkan pada pendekat jalan minor (Jalan Wahid Hasyim) memiliki volume lalu lintas sebesar 2.608 kend/hari. Kombinasi jumlah arus pada jalan mayor dan minor tersebut memenuhi ketentuan untuk diterapkannya sistem simpang tak bersinyal pada persimpangan 3 Pakem.
3. Berdasarkan tingkat pertumbuhan kendaraan di Kabupaten Jember pertahun mencapai 5 %, sehingga prediksi kinerja lalu lintas pada Simpang 3 Pakem pada tahun 2024 adalah : Kapasitas Simpang sebesar 2709,15 smp/jam, Volume menjadi 2170,95 smp/jam sehingga V/c Rasio menjadi 0,8 serta tundaan

rata – rata kendaraan menjadi 14,13 detik/kendaraan. Sehingga tingkat pelayanan lalu lintas pada Simpang 3 Pakem menjadi **B** atau dengan kata lain arus lalu lintas stabil, volume lalu lintas sedang, kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas sehingga pengemudi punya kebebasan memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.

4. Melengkapi simulasi perancangan simpang tak bersinyal dengan cara pelebaran masing – masing kaki simpang minimal 0,5 meter sehingga lebar efektif untuk ruas jalan Basuki Rahmat yang awalnya 9 meter menjadi 10 meter, Jalan MH. Thamrin yang awalnya 8 meter menjadi 9 meter sedangkan Jl. Wahid Hasyim yang awalnya 7 meter menjadi 8 meter.

5.2. SARAN

Beberapa saran yang diusulkan dari hasil kajian adalah sebagai berikut :

1. Perlunya pengawasan dan evaluasi unjuk kerja lalu lintas Simpang 3 Pakem setelah mencapai kondisi optimal.
2. Perlu melakukan review dan evaluasi kajian yang lebih komprehensif pada Simpang 3 Pakem karena prediksi kinerja simpang pada tahun 2024 sudah mendekati kriteria simpang bersinyal.
3. Penyediaan perlengkapan jalan eksternal berupa:
 - a. rambu prioritas,
 - b. rambu peringatan hati – hati,
 - c. warning light (3 aspek),
 - d. pemarkaan.

DAFTAR PUSTAKA

Abubakar, I. (1990). *Menuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang Tertib*. Puslitbang Jalan dan Jembatan. Jakarta.

Anonim. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.

BISMA MULYA FIRSANDI (2018), ANALISA KINERJA SIMPANG TIGA TIDAK BERSINYAL KOTAKAN KABUPATEN SITUBONDO, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER.

Hariato, J. (2004). *Perencanaan Persimpangan Tidak Sebidang Pada Jalan Raya*. Universitas Sumatera Utara. Medan

JUSRON (2014), KAJIAN KINERJA LALU LINTAS PADA SIMPANG EMPAT ARONGAN JEMBER (STUDI KASUS : JL. MASTRIP, JL. RIAU, JL. TIDAR, DAN JL. KALIURANG), UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER.

WAHYUONO MUJI LAKSONO (2018), ANALISA DAMPAK LALU LINTAS PEMBANGUNAN PASAR HEWAN DAN RUANG TERBUKA HIJAU (RTH) ROGOJAMPI KABUPATEN JEMBER, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER.