

PENINGKATAN KINERJA SIMPANG MELALUI MANAJEMEN HAMBATAN SAMPING DAN PENGATURAN ARUS LALU LINTAS

Rama Dwi Aryandi^{1,2}, Ari Sandhyavitri¹ dan Reni Suryanita¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Jalan Subrantas km 12,5, Simpang Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

²Magister Teknik Sipil, Universitas Riau, Jalan Subrantas km 12,5, Simpang Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail: studentchapter46@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat pelayanan simpang berdasarkan data lalu lintas simpang tersebut apakah derajat jenuhnya sudah melewati ambang batas $DS = 0,75$, jika nilai $DS > 0,75$, akan dikaji penerapan beberapa alternatif penanganan untuk meningkatkan tingkat pelayanan simpang, untuk kemudian dipilih lagi alternatif terbaik untuk jangka pendek, menengah dan panjang. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *traffic counting*, sedangkan untuk pengkajian alternatif penanganan simpang secara teknik menggunakan metode MKJI 1997, secara ekonomi menggunakan metode LAPI ITB, analisa nilai waktu dengan nilai waktu hasil penelitian Dirjen Bina Marga dan analisa biaya investasi dengan analisa *Benefit Cost Ratio* dan *Net Present Value*. Dari tiga alternatif manajemen lalu lintas yang diajukan, hanya alternatif ke-3 yaitu kombinasi peniadaan hambatan samping, pelarangan belok kiri dan optimasi *traffic light* yang menghasilkan nilai $DS < 0,75$ untuk kondisi eksisting, sedangkan untuk tahun 2020 nilai DS -nya adalah 0,79 untuk Hari Selasa dan 0,83 untuk Hari Rabu. Sedangkan dengan alternatif pembangunan flyover, untuk jangka pendek atau 5 tahun nilai BCR dan NPV-nya 1,25 dan 48,9 milyar rupiah, tahun ke-10 2,29 dan 256,4 milyar rupiah, serta tahun ke-15 3,35 dan 472,19 milyar rupiah, sehingga dapat disimpulkan bahwa pembangunan flyover adalah solusi penanganan terbaik untuk meningkatkan kinerja Simpang Pasar Pagi Arengka.

Kata kunci: kemacetan, derajat jenuh, tingkat pelayanan, manfaat, biaya.

ABSTRACT

This research aims to analyze the level of service of this intersection based on traffic volumes data to find out if the degree of saturation (DS) is already above 0.75 or not. If the value of DS is above 0.75, then few alternatives will be examined to improve the intersection's level of service. The best alternative will be chosen to be applied in short, medium and long term. The method used in this research to collect the data is the traffic counting method. MKJI 1997 method is used to examine alternatives to improve intersection's level of service technically, LAPI ITB method is used to examine alternatives economically. The value of travel time is examined based on research from Bina Marga, BCR and NPV to examine the feasibility of the investment, and geometric analysis method is used to project the annual average daily traffic. From 3 traffic management alternatives to improve the level of service, only the third alternative is suitable for existing condition, having reduced the DS from 0.94 to 0.74 on Tuesday and from 0.95 to 0.75 on Wednesday. As for the year of 2020, the third alternative produces the value of DS 0.79 and 0.83 for Tuesday and Wednesday respectively. The result is, for short term, the BCR and NPV are 1.25 and 48.9 billion rupiahs, for medium term 2.29 and 256.4 billion rupiahs, and for long term are 3.35 and 472.19 billion rupiahs, so it is concluded that building the flyover is the best solution to improve the level of service of Simpang Pasar Pagi Arengka.

Keywords : congestion, degree of saturation, level of service, benefit, cost.

PENDAHULUAN

Pekanbaru merupakan ibukota Provinsi Riau yang terkenal sebagai pusat kegiatan industri dan perdagangan utama di Provinsi Riau, sehingga kota Pekanbaru banyak dikunjungi oleh para pendatang dari berbagai kabupaten/kota dari dalam dan luar Riau. Hal ini menyebabkan tingginya tingkat aktivitas yang berbanding lurus dengan tingginya tingkat pergerakan kendaraan di jaringan jalan, yang menimbulkan berbagai masalah pada sektor transportasi.

Permasalahan yang terjadi tidak hanya disebabkan oleh terbatasnya sistem prasarana yang ada, tetapi sudah ditambah lagi dengan permasalahan lainnya. Tamin (2008) berpendapat, pendapatan rendah, urbanisasi yang sangat cepat, terbatasnya sumber daya, khususnya dana, kualitas dan kuantitas data yang berkaitan dengan transportasi, kualitas sumber daya manusia, tingkat disiplin yang rendah, dan lemahnya perencanaan dan kontrol membuat masalah transportasi menjadi semakin parah. Sebelum menentukan cara yang terbaik untuk mengatasi masalah-masalah tersebut, hal pertama yang perlu dilakukan adalah mempelajari dan mengerti secara terinci faktor-faktor apa saja yang saling terkait yang menimbulkan masalah tersebut.

Bertambahnya jumlah kendaraan, baik angkutan umum maupun angkutan pribadi yang menggunakan ruas jalan menimbulkan berbagai masalah transportasi. Permasalahan transportasi yang terjadi antara lain kemacetan (A. S. Arianto dan A. A. Gde Kartika, 2012). Munawar (2004) menyebutkan bahwa ukuran meningkatnya arus lalu lintas yaitu waktu tunggu rata-rata tanpa lampu lalu lintas lebih tinggi daripada dengan lampu lalu lintas. Kemacetan, sebagai akibat meningkatnya arus lalu lintas, biasanya terjadi di persimpangan jalan, apalagi bila simpang tersebut berdekatan dengan pusat keramaian, karena konflik pergerakan yang terjadi antar kendaraan yang datang dari tiap kaki simpang (Aryandi dan Munawar, 2014).

Salah satu simpang dengan tingkat kemacetan yang tinggi di Pekanbaru adalah simpang Pasar Pagi Arengka (Jalan Soekarno-Hatta - Jalan HR. Soebrantas - Jalan Laksda Adi Sutjipto). Pergerakan kendaraan di simpang ini sangat tinggi, terutama pada saat jam-jam sibuk, karena merupakan akses utama ke banyak tempat. Simpang Pasar Pagi Arengka menjadi menarik untuk dijadikan sebagai objek penelitian dalam tesis ini karena fakta-fakta yang terjadi di lapangan. Fakta-fakta tersebut antara lain simpang

pasar pagi terletak pada daerah komersil, dimana terdapat pasar tradisional yang ramai dengan kapasitas parkir yang tidak memenuhi syarat, saluran drainase yang tidak sesuai standar, sehingga saat hujan turun, jalan akan tergenang atau bahkan banjir, sehingga mengurangi kapasitas jalan dan kecepatan dari kendaraan yang melintas. Kemacetan merupakan dampak negatif yang paling dirasakan oleh para pengguna jalan, dan selain itu juga bisa memicu timbulnya masalah-masalah lainnya. Masalah-masalah tersebut antara lain hilangnya waktu produktif karena terjebak kemacetan, masalah kesehatan, dan menghambat pertumbuhan ekonomi (Chowdury dkk., 2016).

Dalam penelitian ini, akan dianalisis berbagai data primer dan sekunder yang akan dikumpulkan seperti volume lalu lintas, geometri simpang, persinyalan pada simpang dan sebagainya, dengan derajat kejenuhan (DS atau Degree of Saturation) sebagai parameter penentu apakah kinerja simpang harus ditingkatkan atau tidak. Selanjutnya akan dikenakan 4 strategi penanganan simpang pada simpang tersebut, yaitu peniadaan hambatan samping, kombinasi peniadaan hambatan samping dan pelarangan LTOR (Left Turn On Red/belok kiri langsung) pada ruas utara, timur dan barat, kombinasi peniadaan hambatan samping, pelarangan LTOR dan optimalisasi *traffic light*, serta pembangunan *flyover*, yang sesuai penelitian yang dilakukan oleh Amrizal dan Jeffry Lisra tahun 2015, pembangunan *flyover* dapat dijadikan solusi peningkatan kinerja simpang setelah sebelumnya terlebih dahulu melakukan kajian secara ekonomi terkait kelayakan pembangunan *flyover* tersebut dengan membandingkan nilai manfaat (Biaya Operasional Kendaraan+Nilai waktu) terhadap biaya pembangunan dan perawatan. Kemudian, akan dikaji secara teknis (alternatif manajemen lalu lintas) dan ekonomi hasil analisis semua strategi penanganan tersebut, sehingga bisa didapatkan alternatif yang terbaik untuk diterapkan dalam jangka pendek (5 tahun), menengah (10 tahun) dan panjang (15 tahun).

DATA DAN METODE

Penelitian ini bersifat eksploratif (dengan studi kasus), dilaksanakan di Kota Pekanbaru, dengan objek penelitian adalah simpang Jalan Soekarno-Hatta – Jalan Soebrantas – Jalan Laksda Adi Sutjipto dengan tipe lingkungan komersil. Penelitian dilaksanakan selama 2 hari pada Hari Selasa dan Rabu dengan lama waktu pengamatan di lapangan selama 17 jam dari pukul 06.00 WIB – 23.00 WIB.

Data yang digunakan adalah data primer (hasil survey lalu lintas) dan data sekunder, seperti ukuran kota, jumlah penduduk, persentase pertumbuhan kendaraan dan sebagainya. Data survey lalu lintas didapatkan dengan cara melakukan survey langsung ke lapangan dengan menggunakan metode *traffic counting*. Sedangkan data sekunder bisa didapatkan dari *website-website* resmi pemerintah, datang langsung ke instansi-instansi terkait untuk pengumpulan data-data yang diperlukan serta wawancara dengan narasumber.

Survey lalu lintas meliputi survey pendahuluan dan survey utama. Survey pendahuluan meliputi persiapan kelengkapan survey dan pengamatan lokasi survey. Sedangkan survey utama merupakan survey yang dilakukan untuk mendapatkan data-data primer, yaitu :

1. Data volume lalu lintas dan proporsi pengguna jalan, didapat dengan melakukan *traffic counting*.
2. Data waktu sinyal, didapat dengan penghitungan langsung di lokasi penelitian.
3. Data geometrik jalan, didapat dengan pengamatan dan pengukuran langsung di lokasi penelitian. Data sekunder berupa ukuran kota dan jumlah penduduk.

Dari survey-survey yang dilakukan, akan didapatkan karakteristik dan arus lalu lintas. Selanjutnya data-data yang telah dikumpulkan akan diproyeksikan dengan metode analisa geometrik untuk mendapatkan arus lalu lintas pada tahun 2020 (estimasi tahun mulai beroperasinya flyover). Hasil proyeksi arus lalu lintas pada tahun 2020 tersebut kemudian akan di proyeksikan lagi untuk 5, 10 dan 15 tahun berikutnya, untuk kemudian dianalisis dengan rumus-rumus perhitungan MKJI 1997 untuk mengetahui kinerja simpang eksisting. Selanjutnya akan dilakukan analisis evaluasi penanganan simpang secara teknis (untuk alternatif manajemen lalu lintas) dan ekonomis. Secara teknis, akan ditinjau seberapa besar peningkatan kinerja simpang yang didapat dari masing-masing strategi penanganan, dengan tinjauan teknis berupa tundaan yang terjadi, panjang antrian yang terjadi dan jumlah kendaraan henti. Kapasitas dan ukuran perilaku lalu-lintas lainnya yaitu tundaan (*det/smp*) dan peluang antrian dihitung untuk kondisi geometrik, lingkungan dan lalulintas. Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut.

Pada SIG-1, *input* awal yang dilakukan terdiri dari identifikasi waktu dan lokasi (tempat, tanggal,

periode), nama pengisi, ukuran kota (dalam satuan jutaan penduduk) serta fase sinyal, yang meliputi waktu hijau dan waktu antar hijau (*intergreen*). Pada SIG-2, data masukan berupa data lalu lintas hasil *survey* di lapangan, yang telah dikelompokkan dalam 4 kategori komposisi kendaraan, yaitu *Light Vehicle (LV)*, *Heavy Vehicle (HV)*, *Motorcycle (MC)* dan *Unmotorized Vehicle (UM)*. Setiap pendekatan harus dihitung perbandingan belok kiri (*pLT*) dan perbandingan belok kanan (*pRT*), yang diformulasikan di bawah ini :

$$pLT = LT (smp/jam) / Total arus (smp/jam) \quad (1)$$

$$pRT = RT (smp/jam) / Total arus (smp/jam) \quad (2)$$

dengan :

LT = arus lalu lintas belok kiri

RT = arus lalu lintas belok kanan

Untuk penghitungan arus lalulintas, digunakan satuan *smp/jam* yang terbagi dalam dua tipe, yaitu terlawan dan terlindung, tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan dengan nilai konversi seperti tertera pada **Tabel 1** berikut ini.

Tabel 1. Nilai konversi smp (MKJI)

Tipe Kendaraan	Nilai smp	
	Terlindung	Terlawan
LV	1,0	1,0
HV	1,3	1,3
MC	0,2	0,4

Tabel 1 di atas menunjukkan nilai konversi tiap jenis kendaraan kedalam satuan mobil penumpang. Sedangkan SIG-III merupakan formulir yang digunakan untuk menghitung waktu antar hijau (*intergreen*) dan waktu hilang (*lost time*).

$$LTI = \sum (allred + amber) i = \sum IG I \quad (3)$$

LTI = *Lost time* (waktu hilang)

Allred = periode merah semua

Amber = periode lampu kuning

Pada SIG-IV, merupakan formulir yang digunakan untuk menghitung penentuan waktu sinyal dan kapasitas. Karena simpang Pasar Pagi Arengka mempunyai tipe pendekatan terlindung, maka untuk menghitung arus jenuh dasarnya digunakan rumus berikut.

$$So = 780 \times We (smp/jam \text{ hijau}) \quad (4)$$

dengan *We* adalah lebar efektif ruas simpang.

Selanjutnya perlu dihitung arus jenuh (S), yaitu arus jenuh dasar dikalikan dengan beberapa faktor koreksi, dengan rumus sebagai berikut.

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (5)$$

dengan :

- S_o = arus jenuh dasar
- F_{CS} = faktor koreksi ukuran kota
- F_{SF} = faktor hambatan samping
- F_G = faktor kelandaian
- F_P = faktor parkir
- F_{RT} = faktor belok kanan
- F_{LT} = faktor belok kiri

Dalam SIG-4 ini, juga dihitung perbandingan arus dengan arus jenuh, dengan formula berikut.

$$FR = Q/S \quad (6)$$

dengan :

- Q = arus lalu lintas (smp/jam)
- S = arus jenuh (smp/jam hijau)

Perlu dihitung juga perbandingan arus kritis (FR_{CRIT}), yaitu nilai perbandingan arus tertinggi dalam tiap fase. Jika nilai perbandingan arus kritis untuk tiap fase dijumlahkan, akan didapat perbandingan arus simpang.

$$IFR = \sum (FR_{CRIT}) \quad (7)$$

Penghitungan perbandingan fase (phase ratio, PR) untuk tiap fase adalah suatu fungsi perbandingan antara FR_{CRIT} dan IFR .

$$PR = FR_{CRIT} / IFR \quad (8)$$

Waktu siklus untuk penyesuaian (Cua) adalah waktu siklus hasil perhitungan yang merupakan waktu siklus optimum, sehingga akan menghasilkan tundaan terkecil. Waktu siklus untuk fase ini, dapat dihitung dengan rumus berikut ini.

$$Cua = 1,5 \times LTI + 5/(1 - IFR) \quad (9)$$

dengan :

- Cua = waktu siklus sinyal (detik)
 - LTI = total waktu hilang per siklus (detik)
 - IFR = perbandingan arus simpang $\sum (FR_{CRIT})$
- Penghitungan waktu hijau untuk tiap fase dijelaskan dengan rumus di bawah ini.
- $$G_i = Cua - LTI \times PR_i \quad (10)$$

dengan :

- g_i = waktu hijau dalam fase – I (detik)
- C_{ua} = waktu siklus yang ditentukan
- LTI = total waktu hilang per siklus

$$PR_i = \text{perbandingan fase } FR_{CRIT} + \sum (FR_{CRIT})$$

Langkah selanjutnya dalam SIG-4 adalah menghitung waktu hijau yang disesuaikan (c). Waktu siklus ini berdasarkan pada pembulatan waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang.

$$c = \sum g + LTI \quad (11)$$

Setelah itu, baru bisa dihitung kapasitas simpang dengan rumus berikut.

$$C = S \times g / c \quad (12)$$

dengan :

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

Dari hasil perhitungan ini, dapat dicari nilai derajat jenuh dengan rumus di bawah ini.

$$Ds = Q / C \quad (13)$$

dengan :

- Ds = derajat jenuh
- Q = arus lalu lintas (smp/jam)
- C = kapasitas (smp/jam)

Formulir terakhir adalah SIG-V, berupa keluaran yang berkaitan dengan kinerja simpang, yakni panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan yang terjadi. Dalam penghitungan ini, beberapa persiapan harus dilakukan antara lain persiapan waktu yang semula jam diganti detik dan dihitung nilai perbandingan hijau, $GR = g / c$, yang didapat dari perhitungan sebelumnya. Dari nilai derajat jenuh, dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ_1), yang merupakan sisa dari fase hijau terdahulu.

$$NQ_2 = (1 - GR / 1 - GR \times DS) \times (Q / 3600) \quad (14)$$

dengan :

- NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah
- Q = volume lalu lintas yang masuk diluar LTOR (smp/detik)
- c = waktu siklus (detik)
- DS = derajat jenuh
- GR = rasio hijau (detik)

Untuk menghitung jumlah antrian total adalah dengan menjumlahkan kedua hasil di atas.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (15)$$

Selanjutnya ditentukan nilai NQ_{MAX} . Caranya adalah dengan mencari nilainya dari grafik E-2:2 pada MKJI, dengan menggabungkan nilai NQ dan probabilitas *overloading* P_{OL} (%). Untuk perencanaan dan desain disarankan nilai $P_{OL} < 5\%$, sedangkan untuk operasional disarankan P_{OL} 5-10%.

Perhitungan panjang antrian (QL) didapat dari perkalian antara NQ_{MAX} dengan rata-rata area yang ditempati tiap smp (20 m₂) dan dibagi lebar entry (W_{ENTRY}), yang dirumuskan di bawah ini.

$$QL = NQ_{max} \times 20 / W_{entry} \quad (16)$$

Selanjutnya dihitung jumlah kendaraan terhenti. Angka henti (NS) adalah rata-rata berhenti per smp, termasuk berhenti berulang dalam antrian. Angka henti pada masing-masing pendekat dapat dihitung berdasar rumus berikut ini.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (17)$$

dengan :

c = waktu siklus (detik)

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

Jumlah kendaraan terhenti (N_{sv}) pada masing-masing pendekat dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$N_{sv} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \quad (18)$$

Angka henti seluruh simpang didapatkan dengan membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend/jam.

$$NStot = \frac{\sum Nsv}{Qtot} \quad (19)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung tundaan. Tundaan rata-rata lalu lintas tiap pendekat ditentukan dengan rumus berikut.

$$DT = c \times A + \frac{NQ \times 3600}{c} \quad (20)$$

dengan :

DT = tundaan lalu lintas rata-rata (detik/smp)

c = waktu siklus yang disesuaikan (detik)

$$A = \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times ds)} \quad (21)$$

dengan :

GR = rasio hijau (g/c)

DS = derajat jenuh

NQ_i = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = kapasitas (smp/jam)

Nilai A merupakan fungsi dari perbandingan rasio hijau (GR) dengan derajat jenuh (DS) yang diperoleh dari grafik E-4:1 pada MKJI. Dengan memasukkan nilai ds pada sumbu horizontal dan memilih rasio hijau yang sesuai, kemudian ditarik garis mendatar, maka didapat nilai A pada sumbu vertikal.

Tundaan pada kendaraan juga bisa disebabkan oleh geometri dari masing-masing pendekat akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau dihentikan oleh lampu lalu lintas dihitung berdasarkan formula berikut ini.

$$DG_j = (1 - psv) \times pT \times 6 + (psvx4) \quad (22)$$

dengan :

DG_j = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (detik/smp)

ρ_{sv} = rasio kendaraan terhenti pada pendekat, Min ($NS, 1$)

ρ_T = rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Tundaan geometri rata-rata LTOR diambil sebesar 6 detik. Tundaan rata-rata adalah penjumlahan dari tundaan lalu lintas rata-rata dan tundaan geometri rata-rata ($D = DT + DG$). Tundaan total (smp.det) adalah perkalian antara tundaan rata-rata dengan arus lalu lintas ($D \times Q$). Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_i) didapat dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total.

$$DI = \frac{\sum(Q \times D_j)}{Qtot} \text{ (det/smp)} \quad (23)$$

Sedangkan secara ekonomis, akan ditinjau dari analisa *Benefit Cost Ratio, Net Present Value*, besarnya Biaya Operasi Kendaraan dan analisa nilai waktu yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya biaya yang dikeluarkan untuk pengoperasian suatu kendaraan. Analisa BOK ini dihitung berdasarkan kecepatan tempuh. Kecepatan tempuh di sini didefinisikan sebagai kecepatan tempuh rata-rata. Dalam hal ini kita akan menghitung nilai BOK setelah pembangunan *flyover* untuk mengetahui besarnya penghematan BOK yang dapat dicapai. BOK terdiri atas beberapa komponen, yaitu :

1. Biaya Tidak Tetap (*Running Cost*)
2. Biaya Bahan bakar (liter/1000 km)
3. Biaya Oli / Pelumas (liter/1000 km)
4. Biaya Pemakaian Ban (liter/1000 km)
5. Biaya Pemeliharaan (Servis kecil / besar, *General Overhaul*) jam kerja/1000 km)

6. Biaya *Over Head* (Biaya tak terduga)
7. Biaya Tetap
8. Asuransi (asuransi/1000 km, sebesar nilai depresiasi)
9. Bunga Modal (*interest*/1000 km, sebesar ½ nilai depresiasi)
10. Depresiasi (Penyusutan Kendaraan) (depresiasi/1000 km)

Berdasarkan rumus perhitungan Metode LAPI Institut Teknologi Bandung (1996), contoh rumus yang digunakan untuk menghitung BOK (diambil rumus golongan kendaraan ringan sebagai contoh) adalah sebagai berikut :

1. Biaya konsumsi bahan bakar

$$Y = 0,21692 x V^2 - 24,11549V + 954,7862$$
(24)

Dengan *V* adalah kecepatan kendaraan.

2. Konsumsi Minyak Pelumas

$$Y = 0,0055 x V x \text{harga minyak pelumas}$$
(25)

3. Konsumsi Ban

$$Y = 0,0008848 V - 0,0045333$$
(26)

4. Biaya Pemeliharaan suku cadang dan montir

$$Y = 0,0000064 V + 0$$
(27)

$$Y = 0,00362 V + 0,36267$$
(28)

5. Biaya Depresiasi

$$Y = 1/(2,50 V + 125)$$
(29)

6. Bunga Modal

$$Y = INT = AINT / AKM$$
(30)

dimana :

INT= bunga modal kendaraan/km

AINT = rata-rata bunga modal tahunan dari kendaraan yang diekspresikan sebagai fraksi dari harga kendaraan baru = 0,01 x (AINV/2)

AINV = bunga modal tahunan dari harga kendaraan baru (%)

AKM = rata-rata jarak tempuh tahunan (kilometer) kendaraan

7. Biaya Asuransi

$$Y = 38/(500 x V) x \text{harga kendaraan}$$
(31)

8. Nilai waktu

$$Y = \text{Nilai waktu} x \text{panjang jalan} x \text{volume kendaraan}$$
(A.32)

Adapun nilai waktu berdasarkan hasil penelitian PT. Jasa Marga terlampir pada **Tabel 2** di bawah ini.

Tabel 2. Nilai waktu hasil penelitian PT. Jasa Marga (MKJI)

Referensi	Nilai Waktu (Rp/Jam/kend)		
	Gol I	Gol Iia	Gol Iib
PT. Jasa Marga (1990-1996), Formula Herbert Mohring	12.287	18.534	13.768

Selanjutnya, untuk menilai kelayakan investasi proyek flyover, dilakukan analisa *Benefit Cost Ratio* (BCR) dan *Net Present Value* (NPV). Analisa manfaat biaya (benefit cost analysis) adalah analisa yang sangat umum digunakan untuk mengevaluasi proyek pemerintah. Dengan kata lain diperlukan analisa dan evaluasi dari berbagai sudut pandang yang relevan terhadap ongkos-ongkos maupun manfaat yang disumbangkannya, karena biasanya proyek-proyek pemerintah secara langsung atau tidak, akan mempengaruhi orang banyak. Pengaruh ini bisa positif (benefit) atau negatif (disbenefit). Jika nilai BCR>1, berarti proyek layak untuk dilaksanakan, jika nilai BCR=1, berarti nilai manfaat proyek sama dengan biaya yang dikeluarkan, secara ekonomi proyek masih layak untuk dilaksanakan, dan jika nilai BCR<1, maka nilai manfaat lebih kecil dari biaya yang harus dikeluarkan, sehingga proyek tidak layak untuk dilaksanakan. Sedangkan analisa NPV merupakan parameter kelayakan yang diperoleh dari selisih semua manfaat dengan semua pengeluaran (biaya yang relevan) selama umur layan setelah dikonversi dengan nilai uang yang sama. Jika NPV bernilai positif, berarti proyek layak dilaksanakan, dan jika NPV bernilai negatif, berarti proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data survey pada hari selasa dan rabu, maka hasil analisis kinerja simpang pada kondisi eksisting adalah sebagai berikut.

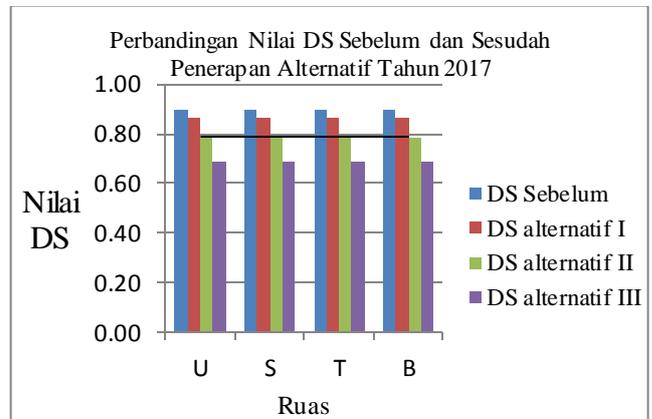
1. Pendekat Utara (Jalan Soekarno-Hatta)
 - a) Derajat jenuh : 0,90
 - b) LTOR : Ya
 - c) Volume Jam Puncak : 3495 kend/jam (Pukul 07.45-08.45 WIB)
 - d) Komposisi kendaraan : LV = 696 kend/jam, HV = 32 kend/jam dan MC = 2767 kend/jam
2. Pendekat Selatan (Jalan Soekarno-Hatta)
 - a) Derajat jenuh : 0,90
 - b) LTOR : Ya
 - c) Volume Jam Puncak : 2885 kend/jam (Pukul 17.15-18.15 WIB)
 - d) Komposisi kendaraan : LV = 665 kend/jam, HV = 68 kend/jam dan MC = 2152 kend/jam
3. Pendekat Timur (Jalan Laksda Adi Sutjipto)
 - a) Derajat jenuh : 0,90
 - b) LTOR : Ya
 - c) Volume Jam Puncak : 1573 kend/jam (Pukul 07.15-08.15 WIB)
 - d) Komposisi kendaraan : LV = 269 kend/jam, HV = 4 kend/jam dan MC = 1300 kend/jam
4. Pendekat Barat (Jalan Soebrantas)
 - a) Derajat jenuh : 0,90
 - b) LTOR : Ya
 - c) Volume Jam Puncak : 3757 kend/jam (Pukul 17.30-18.30 WIB)

Komposisi kendaraan : LV = 1140 kend/jam, HV = 67 kend/jam dan MC = 2550 kend jam.

Sedangkan berdasarkan data survey pada Hari Rabu, maka hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut untuk masing-masing pendekatnya.

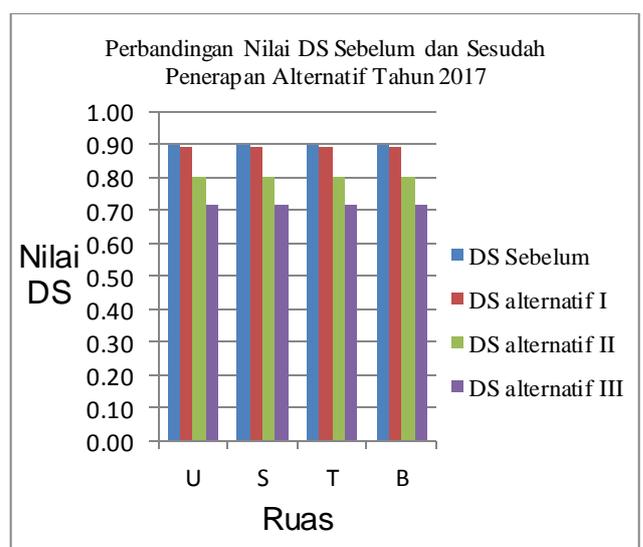
1. Pendekat Utara (Jalan Soekarno-Hatta)
 - a) Derajat jenuh : 0,90
 - b) LTOR : Ya
 - c) Volume Jam Puncak : 4012 kend/jam (Pukul 07.30-08.30 WIB)
 - d) Komposisi kendaraan : LV = 722 kend/jam, HV = 38 kend/jam dan MC = 3252 kend/jam
2. Pendekat Selatan (Jalan Soekarno-Hatta)
 - a) Derajat jenuh : 0,90
 - b) LTOR : Ya
 - c) Volume Jam Puncak : 2755 kend/jam (Pukul 17.45-18.45 WIB)
 - d) Komposisi kendaraan : LV = 740 kend/jam, HV = 102 kend/jam dan MC = 1913 kend/jam
3. Pendekat Timur (Jalan Laksda Adi Sutjipto)
 - e) Derajat jenuh : 0,90
 - f) LTOR : Ya
 - g) Volume Jam Puncak : 1652 kend/jam (Pukul 07.00-08.00 WIB)
 - h) Komposisi kendaraan : LV = 297 kend/jam, HV = 5 kend/jam dan MC = 1350 kend/jam
4. Pendekat Barat (Jalan Soebrantas)
 - d) Derajat jenuh : 0,90
 - e) LTOR : Ya

- f) Volume Jam Puncak : 3760 kend/jam (Pukul 17.45-18.45 WIB)
- Komposisi kendaraan : LV = 947 kend/jam, HV = 62 kend/jam dan MC = 2751 kend jam



Gambar 1. Perbandingan Nilai Derajat Jenuh Eksisting Dan Alternatif Pada Jam Puncak Selasa (Aryandi, 2015)

Dengan DS di atas 0,75 (0,90), maka kinerja simpang sudah sangat jenuh dan rendah, sehingga harus dilakukan upaya-upaya peningkatan kinerja simpang. Alternatif I yang diterapkan adalah peniadaan hambatan samping. Setelah dihitung, nilai DS untuk tiap ruas berdasarkan data survey Hari Selasa dan Rabu masih tinggi, begitu juga saat alternatif II dianalisa penerapannya, nilai DS-nya masih tinggi, hanya alternative ke-3 yang memberikan nilai DS dibawah 0,75 setelah dilakukan analisis. Adapun hasil perhitungan nilai DS-nya dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 2. Perbandingan Nilai Derajat Jenuh Eksisting Dan Alternatif Pada Jam Puncak Rabu (Aryandi, 2015)

Tabel 3. Nilai BOK Motorcycle per tahun (Aryandi, 2015)

Tahun	MC	BOK/tahun
2017	-	-
2018	-	-
2019	-	-
2020	96188	Rp12,198,046,071
2021	100998	Rp12,807,929,161
2022	106048	Rp13,448,306,405
2023	111350	Rp14,120,702,512
2024	116917	Rp14,826,718,424
2025	122763	Rp15,568,035,131
2026	130129	Rp16,502,094,182
2027	137937	Rp17,492,196,777
2028	146213	Rp18,541,705,527
2029	154986	Rp19,654,184,802
2030	164285	Rp20,833,412,834
2031	174142	Rp22,083,394,548
2032	184591	Rp23,408,375,164
2033	195666	Rp24,812,854,618
2034	207406	Rp26,301,602,838
2035	219850	Rp27,879,675,952
Total		Rp300,479,234,945

Alternatif ke-4 atau terakhir adalah pembangunan *flyover*. pertama-tama yang dihitung adalah nilai manfaat (BOK + nilai waktu) sesuai umur rencana, seperti terlampir pada Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4. Nilai BOK Light Vehicle per tahun (Aryandi, 2015)

Tahun	LV	BOK/tahun
2017	-	-
2018	-	-
2019	-	-
2020	41753	Rp29,584,624,283
2021	43841	Rp31,063,748,148
2022	46033	Rp32,616,828,206
2023	48335	Rp34,247,562,266
2024	50751	Rp35,959,833,030
2025	53289	Rp37,757,717,332
2026	56486	Rp40,023,051,552
2027	59875	Rp42,424,305,826
2028	63468	Rp44,969,635,355
2029	67276	Rp47,667,684,657
2030	71313	Rp50,527,616,917
2031	75591	Rp53,559,145,113
2032	80127	Rp56,772,565,000
2033	84934	Rp60,178,790,080
2034	90030	Rp63,789,388,665
2035	95432	Rp67,616,623,166
Total		Rp728,759,119,595

Tabel 5. Nilai BOK Heavy Vehicle per tahun (Aryandi, 2015)

Tahun	HV	BOK/tahun
2017	-	-
2018	-	-
2019	-	-
2020	3737	Rp4,303,662,015
2021	3924	Rp4,518,670,759
2022	4120	Rp4,744,429,939
2023	4326	Rp4,981,477,079
2024	4542	Rp5,230,376,575
2025	4769	Rp5,491,721,046
2026	5055	Rp5,821,015,080
2027	5359	Rp6,170,066,756
2028	5680	Rp6,540,061,532
2029	6021	Rp6,932,255,995
2030	6382	Rp7,347,982,125
2031	6765	Rp7,788,651,824
2032	7171	Rp8,255,761,704
2033	7601	Rp8,750,898,177
2034	8058	Rp9,275,742,839
2035	8541	Rp9,832,078,180
Total		Rp105,984,851,624

Dari Gambar 1 dan Gambar 2 di atas, dapat diketahui bahwa hanya alternative ke-3 yang berhasil menurunkan nilai DS kondisi eksisting dari 0,90 menjadi 0,69 pada untuk data Hari Selasa dan dari 0,90 menjadi 0,72 pada Hari Rabu. Tetapi alternatif ke-3 ini hanya efektif diterapkan hingga tahun 2020, dan maksimal pada tahun 2025 karena nilai DS-nya yang kembali berada di atas 0,75 saat dihitung menggunakan LHR proyeksi. Pada tahun 2020, nilai DS proyeksinya pada Hari Selasa sebesar 0,78 dan 0,83 pada Hari Rabu, dan 1,01 dan 1,06 pada tahun 2025.

Untuk nilai waktu, total nilai waktu *motorcycle* adalah Rp 29.113.655.042, *light vehicle* Rp 19.062.862.160 dan *heavy vehicle* sebesar Rp 1.267.363.722. Jika dibandingkan dengan biaya pembangunan *flyover* sebesar 200 milyar rupiah sesuai dengan perhitungan Pemerintah Provinsi Riau, ditambah dengan biaya operasi dan perawatan *flyover* selama umur rencana, maka nilai BCR dan NPV-nya adalah sebagai berikut.

KESIMPULAN

1. Kinerja simpang eksisting berdasarkan pada hasil analisis lalu lintas dengan metode MKJI 1997 berdasarkan data-data dari hasil survey pada Hari Selasa tanggal 23 Mei 2017 dan hari Rabu tanggal 24 Mei 2017 berada pada tingkat pelayanan "E", yang berarti jauh dibawah standar pelayanan yang baik. Hal ini dibuktikan dengan nilai derajat jenuh (DS) yang tinggi untuk tiap-tiap pendekat, yaitu

DS sebesar 0,90 pada hari Selasa dan DS sebesar 0,90 pada hari Rabu.

2. Dari 3 alternatif manajemen lalu lintas, hanya alternatif ke-3 yang bisa diterapkan, dengan nilai DS untuk kondisi eksisting pada sesuai data pada Hari Selasa dan Rabu adalah 0,69 dan 0,72. Artinya, solusi ini bisa diterapkan pada kondisi eksisting. Setelah data LHR diproyeksikan, pada tahun 2020 nilai DS mencapai 0,79 dan 0,83, dan pada tahun 2025 nilai DS simpang menjadi 1,01 dan 1,06. Sebenarnya nilai ini sudah diatas ambang batas 0,75 , tetapi karena penerapan alternatif ini hampir tanpa biaya, dan ada penurunan kerugian pada konsumsi BBM dibandingkan kondisi tahun 2025 tanpa penerapan alternatif III, maka maksimal alternatif III dapat diterapkan pada tahun 2025.

3. Untuk alternatif ke-4, yaitu pembangunan *flyover*. Hasilnya adalah, untuk jangka pendek atau 5 tahun nilai BCR dan NPV-nya 1,25 dan 48,9 milyar rupiah, tahun ke-10 2,29 dan 256,4 milyar rupiah, serta tahun ke-15 3,35 dan 472,19 milyar rupiah.

4. Kesimpulan akhir dari penelitian ini adalah, alternatif ke-3 bisa diterapkan optimal sampai tahun 2020 dan maksimal pada tahun 2025 (jangka pendek), dan pembangunan *flyover* adalah solusi penanganan terbaik untuk meningkatkan kinerja simpang untuk jangka menengah dan panjang sesuai analisa BCR dan NPV.

DAFTAR PUSTAKA

- A. S. Arianto dan A. A. Gde Kartika., 2012, Studi Kelayakan Pembangunan Jalan Layang (Fly Over) Pada Ruas Jalan Sepanjang - Krian Km 16+540 - 17+680 Ditinjau Dari Segi Teknik Lalu Lintas Dan Ekonomi . dalam *Jurnal Teknik Pomits*, pp1-6.
- Ahmad Munawar., 2004, *Manajemen Lalulintas Perkotaan*, Beta Offset, Jogjakarta.
- Ahmad Munawar., 2004, *Program Komputer Untuk Analisis Lalulintas*, Beta Offset, Jogjakarta.
- Ahmad Munawar., 2005, *Dasar-Dasar Teknik Transportasi*, Beta Offset, Jogjakarta.
- Amrizal dan Jeffy Lisra., 2015, Kajian Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jembatan Layang Simpang Selayang Kota Medan, dalam *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, pp29-34.
- Bondada, Murthy V. A. dan Sivanandan, R., 2010. Cost-Effective and Implementable Solutions To Reduce Traffic Congestion in Indian Cities-Demonstration Project in Chennai, in *Urban Mobility India 2010 Conference*, New Delhi.

Chowdury, T., Mohammad Raihan, S., Fahim, A., dan Afrahim Bhuiyan, M., 2016, A Case Study On Reduction Of Traffic Congestion Of Dhaka City : Banani Intersection, in *International Conference On Agricultural, Civil and Environmental Engineering*, Istanbul.

Direktorat Jenderal Bina Marga., 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Ofyar Z, Tamin., 2008, *Perencanaan, Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi : Teori, Contoh Soal dan Aplikasi*, Penerbit ITB, Bandung.

Rama Dwi Aryandi dan Ahmad Munawar., 2014, Penggunaan Software Vissim Untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta), dalam *The 17th FSTPT International Symposium*, Jember.

Tabel 6. Hasil perhitungan nilai BCR dan NPV pembangunan *flyover*

Tahun	n	Total biaya	Manfaat	Penghematan nilai waktu	Total Manfaat	$i=5.02\%$	<i>Present worth</i>	<i>Present worth</i>
		Rupiah/tahun	Rupiah/tahun	Rupiah/tahun	Rupiah/tahun	(P/F, I%,n)	Cost	Manfaat
	a	b	c	d	e=c+d	$f=1/(1+0.052)^n$	Rupiah/tahun	Rupiah/tahun
							$g=b*f$	$h=e*f$
2017	0	Rp100,000,000,000	-	-	-	1	Rp100,000,000,000	-
2018	1	Rp100,000,000,000	-	-	-	0.951	Rp95,057,034,221	-
2019	2	Rp440,000,000.00	-	-	-	0.904	Rp397,576,949	-
2020	3	Rp460,000,000.00	Rp46,086,332,370	Rp2,007,167,245	Rp48,093,499,615	0.859	Rp395,103,259	Rp41,308,474,883
2021	4	Rp480,000,000.00	Rp48,390,348,067	Rp2,107,525,608	Rp50,497,873,675	0.816	Rp391,902,720	Rp41,229,695,970
2022	5	Rp500,000,000.00	Rp50,809,564,550	Rp2,212,901,888	Rp53,022,466,438	0.776	Rp388,053,232	Rp41,151,078,971
2023	6	Rp520,000,000.00	Rp53,349,741,856	Rp2,323,546,982	Rp55,673,288,839	0.738	Rp383,626,770	Rp41,072,622,978
2024	7	Rp540,000,000.00	Rp56,016,928,028	Rp2,439,724,331	Rp58,456,652,360	0.701	Rp378,689,777	Rp40,994,327,114
2025	8	Rp560,000,000.00	Rp58,817,473,509	Rp2,561,710,548	Rp61,379,184,057	0.667	Rp373,303,540	Rp40,916,190,533
2026	9	Rp580,000,000.00	Rp62,346,160,814	Rp2,715,413,181	Rp65,061,573,995	0.634	Rp367,524,534	Rp41,227,111,452
2027	10	Rp600,000,000.00	Rp66,086,569,358	Rp2,878,337,972	Rp68,964,907,330	0.602	Rp361,404,747	Rp41,540,408,099
2028	11	Rp620,000,000.00	Rp70,051,402,414	Rp3,051,038,250	Rp73,102,440,664	0.573	Rp354,991,988	Rp41,856,097,981
2029	12	Rp640,000,000.00	Rp74,254,125,454	Rp3,234,100,545	Rp77,488,225,999	0.544	Rp348,330,174	Rp42,174,198,767
2030	13	Rp660,000,000.00	Rp78,709,011,876	Rp3,428,146,578	Rp82,137,158,454	0.517	Rp341,459,593	Rp42,494,728,285
2031	14	Rp680,000,000.00	Rp83,431,191,484	Rp3,633,835,372	Rp87,065,026,856	0.492	Rp334,417,161	Rp42,817,704,525
2032	15	Rp700,000,000.00	Rp88,436,701,868	Rp3,851,865,495	Rp92,288,567,363	0.467	Rp327,236,654	Rp43,143,145,635
2033	16	Rp720,000,000.00	Rp93,742,542,875	Rp4,082,977,424	Rp97,825,520,299	0.444	Rp319,948,928	Rp43,471,069,928
2034	17	Rp740,000,000.00	Rp99,366,734,342	Rp4,327,956,070	Rp103,694,690,412	0.422	Rp312,582,128	Rp43,801,495,872
2035	18	Rp760,000,000.00	Rp105,328,377,298	Rp4,587,633,434	Rp109,916,010,732	0.402	Rp305,161,876	Rp44,134,442,102
						Total	Rp201,138,348,248	Rp673,332,793,094
						BCR (h/g)	3.35	
						NPV (h-g)	Rp472,194,444,846	