

**ANALISA DAN SOLUSI KEMACETAN LALU LINTAS DI SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS SIMPANG BEKASI CYBER PARK)****Novita Handayani¹⁾, Rika Sylviana²⁾, R. Hengki Rahmanto³⁾**^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam 45 Bekasi
Jl. Cut Meutia No 83 Bekasi, 17113 Telp: (021) 88344436e-mail: Novitahandayan2@gmail.com¹**Abstrak**

Tingginya kepadatan lalu lintas yang terjadi pada simpang bersinyal Bekasi Cyber Park diakibatkan oleh tingginya volume kendaraan dari empat lengan simpang tersebut. Letaknya yang berada di pusat Kota Bekasi, menjadikan simpang tersebut padat terutama pada jam puncak yang dapat mempengaruhi kapasitas, derajat kejenuhan dan tingkat pelayanan simpang/*Level of Service (LOS)*. Pembuatan *software* SIKAJI bertujuan untuk membantu dalam merencanakan suatu persimpangan bersinyal berdasarkan persyaratan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Pembuatan program dibuat dengan bahasa pemrograman *Framework Yii* dengan tampilan yang ramah dan mudah dimengerti dibandingkan dengan *software* KAJI ver 1.10x. Perbandingan hasil perhitungan *software* dibandingkan perhitungan manual memiliki tingkat akurasi mencapai 99,98 %. Pada uji coba menggunakan data sekunder Sabtu pagi didapatkan volume arah Utara 2060 smp/jam dengan kecepatan 7,92 m/detik menggunakan 3 fase sinyal dengan nilai *green time* pertama 79 detik, kedua 49 detik dan ketiga 39 detik. Kapasitas jalan arah Utara adalah 3069 smp/jam, derajat kejenuhan 0,4, panjang antrian 873 m dan tundaan rata-rata 780,49 m. Pada kondisi ini tingkat pelayanan jalan masih berada pada level F, kondisi ini menggambarkan masih terjadi kemacetan. Uji coba data alternatif KAJI didapatkan volume arah Utara 2060 smp/jam, kecepatan 10,72 m/detik menggunakan 3 fase sinyal dengan nilai *green time* pertama 10 detik, kedua 10 detik dan ketiga 2010 detik. Kapasitas jalan arah Utara 3060 smp/jam, derajat kejenuhan 0,4, panjang antrian 14 m dan tundaan rata-rata 8,6 m atau memiliki tingkat pelayanan B. Pada analisis kondisi operasional didapatkan hasil untuk tingkat pelayanan simpang pada level "F" (sangat buruk).

Kata kunci: simpang bersinyal, *Level of Service (LOS)*, *software* KAJI, *software* SIKAJI, MKJI

Abstrak

The high traffic density that occurs at the Bekasi Cyber Park signalized intersection is caused by the high volume of vehicles from the four arms of the intersection. Its location in the center of Bekasi City makes the intersection crowded, especially during peak hours which can affect capacity, degree of saturation and Level of Service (LOS). The development of the SIKAJI software aims to assist in planning a signalized intersection based on the requirements of the 1997 Indonesian Road Capacity Manual (MKJI). The programming is made using the Yii Framework programming language with a friendly and easy-to-understand interface compared to the KAJI software ver 1.10x. Comparison of the results of software calculations compared to manual calculations has an accuracy rate of 99.98%. In the trial using secondary data on Saturday morning, the volume towards the North was 2060 pcu/hour with a speed of 7.92 m/s using 3 signal phases with the first green time value of 79 seconds, the second 49 seconds and the third 39 seconds. The capacity of the road to the north is 3069 pcu/hour, the degree of saturation is 0.4, the queue length is 873 m and the average delay is 780.49 m. In this condition the level of road service is still at level F, this condition illustrates that there is still congestion. The KAJI alternative data trial obtained a volume towards the North of 2060 pcu/hour, a speed of 10.72 m/s using 3 signal phases with the first green time value of 10 seconds, the second 10 seconds and the third 2010 seconds. The capacity of the road to the North is 3060 pcu/hour, the degree of saturation is 0.4, the queue length is 14 m and the average delay is 8.6 m or has a service level B. In the analysis of operational conditions, the results for the intersection service level are at level "F" (very bad).

Keywords: signalized intersection, Level of Service (LOS), KAJI software, SIKAJI software, MKJI

I. PENDAHULUAN

Kota Bekasi merupakan bagian dari Provinsi Jawa Barat yang berdekatan dengan Ibu Kota Indonesia yaitu DKI Jakarta [3]. Bekasi menjadi wilayah pemukiman ini berkembang sebagai kota perdagangan, jasa dan industri. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Bekasi tahun 2016, penduduk kota Bekasi adalah 2.733.240 jiwa dengan rata-rata pertumbuhan 6,29 % per tahun [3][5]. Menurut Sistem Administrasi Manunggal Satu Atap Kota Bekasi tahun 2018, jumlah kendaraan menembus 1.613.317 kendaraan [2][3][5]. Dengan kemajuan teknologi dan bertambahnya jumlah penduduk turut berdampak pada bertambahnya penggunaan kendaraan bermotor tetapi tidak diimbangi dengan bertambahnya ruas jalan. Seperti yang terjadi pada simpang bersinyal Jl. A. Yani dengan Jl. M. Hasibuan – Jl. KH. Noer Ali yang merupakan salah satu persimpangan jalan yang mempunyai tingkat volume lalu lintas cukup tinggi dan kondisi lalu lintas yang *crowded* di kota Bekasi. Kurang disiplinnya para pengguna jalan turut berdampak terjadinya kemacetan. Adanya pusat perbelanjaan di area tersebut turut berdampak pada kondisi lalu lintas di persimpangan jalan tersebut. Dibandingkan dengan persimpangan bersinyal lainnya yang ada di kota Bekasi, simpang bersinyal Jl. A. Yani dengan Jl. M. Hasibuan – Jl. KH. Noer Ali mempunyai jumlah lajur yang lebih banyak dan berada di pusat kota. Dengan kondisi kemacetan khususnya di simpang bersinyal Jl. A. Yani dengan Jl. M. Hasibuan – Jl. KH. Noer Ali, yang menjadi salah satu titik penyebab kemacetan. Kemudian hasil dari analisa kinerja persimpangan jalan dapat dijadikan indikator untuk memecahkan persoalan kemacetan di persimpangan jalan dengan memberikan alternatif-alternatif untuk memecahkan masalah yang ada pada persimpangan jalan tersebut [1] [9]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kemacetan serta mengetahui kinerja Simpang Bekasi Cyber Park yang berbasis sistem informasi aplikasi software KAJI yang sesuai dengan MKJI 1997.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan data pada saat uji coba sistem informasi dari penelitian

sebelumnya yaitu Rizal Maarif, 2018 [10] yang berlokasi di simpang bersinyal Bekasi Cyber Park, tepatnya berada di Jalan Jendral Ahmad Yani, Jalan K. H. Noer Ali, dan Jalan Mayor Madmuin Hasibuan [4].



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber: Google Maps, 2019

Metode Pengumpulan Data

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Adapun metode penelitian yaitu menganalisa data sekunder dengan menggunakan program baru berbasis *Graphical User Interface* sehingga tampilan *input* dan *output* menjadi lebih *user friendly* dibandingkan dengan program yang menggunakan *text based* (KAJI ver 1.1). Berikut adalah langkah-langkahnya:

a. Studi Pustaka

Pada bagian ini peneliti melakukan pengamatan awal untuk mengetahui permasalahan yang sebenarnya terjadi di lapangan. Pengamatan dilakukan dengan melihat secara langsung kondisi kemacetan simpang Bekasi Cyber Park dan mengenali kerugian yang ditimbulkan akibat kemacetan yang terjadi tersebut.

b. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur ini, peneliti melakukan kegiatan berupa mempelajari literatur - literatur atau teori-teori serta referensi seperti jurnal dari penelitian terdahulu, yang kemudian diharapkan dapat mendukung tercapainya tujuan penelitian.

c. Pengumpulan Data

Hasil data sekunder penelitian Rizal Ma'arif dengan judul "Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Ahmad Yani dengan Jalan M. Hasibuan – Jalan KH. Noer Ali Kota Bekasi, 2018 [10].

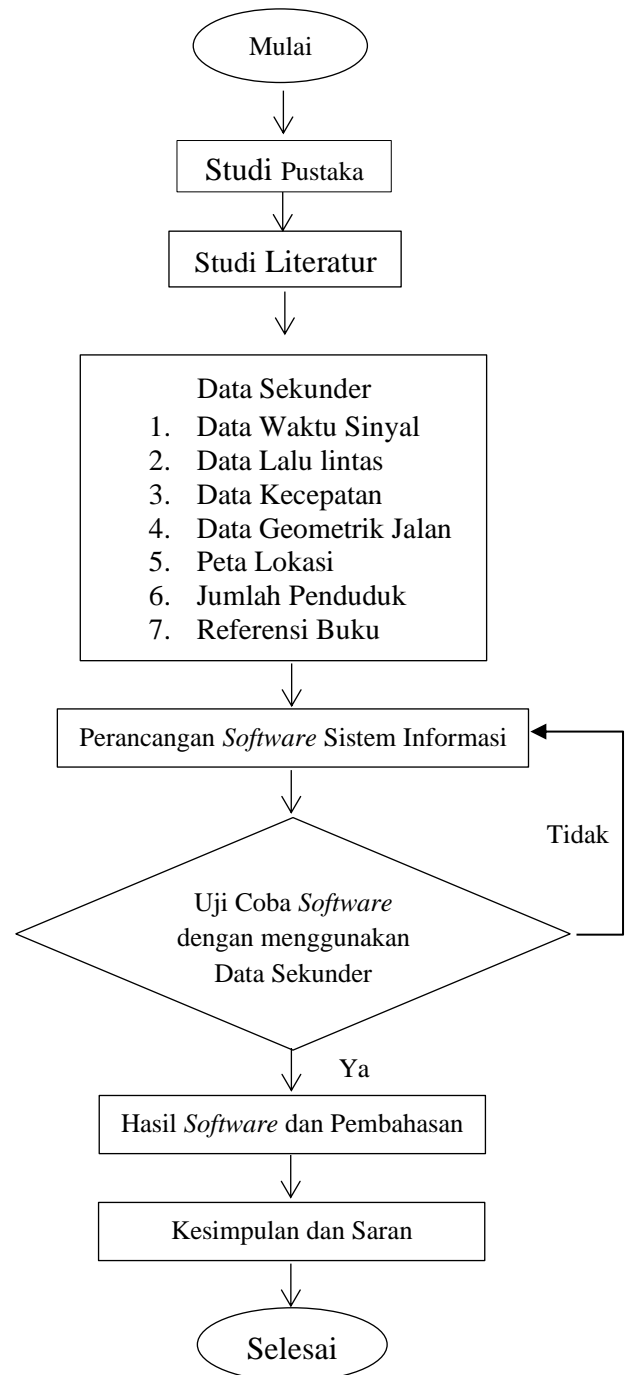
Didapat waktu sinyal, volume lalu lintas, kecepatan kendaraan dan geometrik simpang.

- d. Perencanaan *Software* Sistem Informasi
Tahapan ini berisi tahap dalam membangun *software* dan membahas tentang layanan – layanan yang ditawarkan dalam sistem informasi ini [7] [10] [12] [14].
- e. Uji Coba *Software* Dengan Menggunakan Data Sekunder
Tahapan ini berisi tentang melakukan uji coba *software* yang sudah dibuat dengan memasukkan data sekunder sebagai uji cobanya [7] [10] [12] [14].
- f. Kesimpulan dan Saran
Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan atas keseluruhan hasil yang diperoleh dari penelitian dari penelitian yang dilakukan. Tahap ini akan menjawab permasalahan dalam penelitian ini. Kemudian juga dicantumkan saran untuk penelitian – penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan penelitian ini.

Aplikasi Simpang Bersinyal

Aplikasi ini dikembangkan melalui alur yang menggunakan Javascript dan HTML, *yii framework* [6] dimana terdapat beberapa kebutuhan yang harus dipenuhi agar aplikasi simpang bersinyal dapat bekerja dengan semestinya, yaitu:

- 1. Masukan (*input*), terdiri dari data geometrik jalan, arus lalu lintas (kendaraan berat, kendaraan ringan, kendaraan roda dua, kendaraan tidak bermotor), dan hambatan samping.
- 2. Rekayasa pengolahan (*process*) adalah hal yang dilakukan pada sistem, terdiri dari proses penambahan rumus untuk mendapatkan hasil output yang diinginkan.
- 3. Keluaran (*output*), terdiri dari *volume of traffic* (jumlah arus lalu lintas), *capacity* (kapasitas), *degree of saturation* (derajat kejenuhan), *queue length* (panjang antrian), *vehicles ratio* (rasio kendaraan), *proportion of stopped vechiles* (jumlah kendaraan terhenti), *delay of traffic* (tundaan lalu lintas), dan *level of service*.



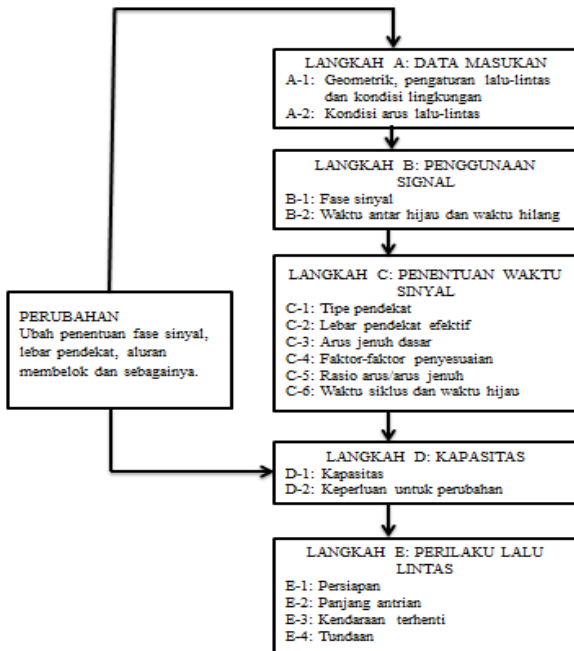
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan sistem aplikasi simpang bersinyal ini berisi membangun website dan membahas layanan-layanan yang ditawarkan dalam sistem informasi online.

Prosedur Perhitungan Simpang Bersinyal

Tahap pertama pembuatan program simpang bersinyal adalah membuat *flowchart* yang menyatakan hubungan antara prosedur perhitungan berdasarkan MKJI 1997 [1] dan modul program yang hendak dibuat sebagaimana terlihat pada Gambar.

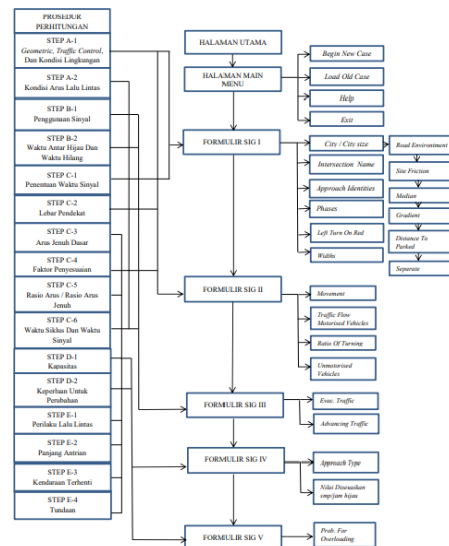


Sumber: MKJI, 1997 [1]

Gambar 3. Bagan Alir Analisa Simpang Bersinyal

Berdasarkan prosedur perhitungan dapat dibagi menjadi 5 formulir, yaitu sebagai berikut:

1. SIG-1 Geometrik, Pengaturan Lalu Lintas, Lingkungan
2. SIG-II Arus Lalu Lintas
3. SIG-III Waktu Antar Hijau, Waktu hilang
4. SIG-IV Penentuan Waktu Sinyal, Kapasitas
5. SIG-V Tundaan, Panjang Antrian, Jumlah Kendaraan Terhenti



Sumber: Hasil Analisa, 2020

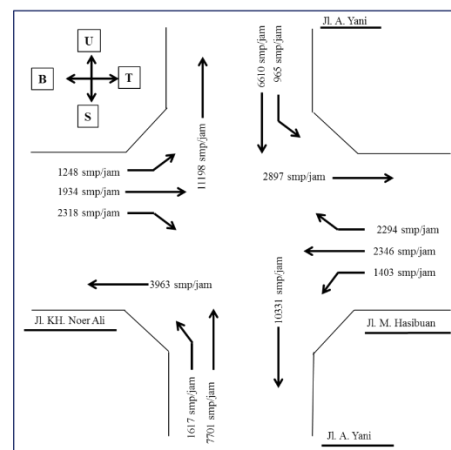
Gambar 4. Hubungan Antara Prosedur Perhitungan Simpang Bersinyal dengan Modul Program Simpang Bersinyal

Gambar di atas memperlihatkan hubungan antara prosedur perhitungan berdasarkan MKJI 1997 dan modul program simpang bersinyal.

Dari analisa penelitian lalu lintas, kecepatan, geometrik simpang dan waktu sinyal diperoleh sebagai berikut:

a. Data volume lalulintas

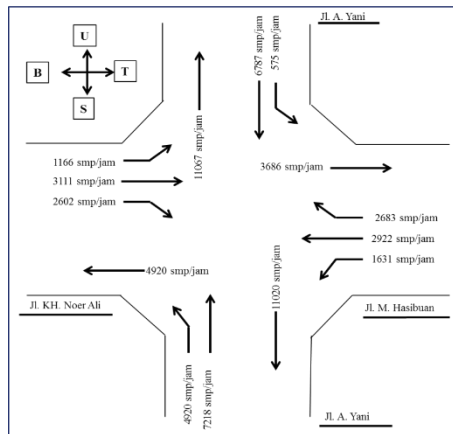
Data hasil survai volume lalulintas jam puncak tersaji dalam gambar, berikut ini:



Gambar 5. Volume Lalulintas Tiap Pendekat Jalan Pada Hari Sabtu

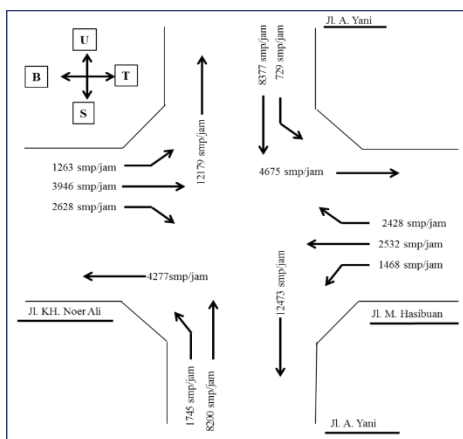
Pada Gambar 5, volume lalulintas tertinggi terdapat pada ruas Jl. A. Yani (Pendekat Utara) dengan total 11.198 smp/jam dan volume lalulintas terendah terjadi pada ruas Jl. M.

Hasibuan (Pendekat Timur) yaitu sebesar 2.897 smp/jam.



Gambar 6. Volume Lalulintas Tiap Pendekat Jalan Pada Hari Selasa

Pada Gambar 6, volume lalulintas tertinggi terdapat pada ruas Jl. A. Yani (Pendekat Utara) dengan total 11.067 smp/jam dan volume lalulintas terendah terjadi pada ruas Jl. M. Hasibuan (Pendekat Timur) yaitu sebesar 3.686 smp/jam.



Gambar 7. Volume Lalulintas Tiap Pendekat Jalan Pada Hari Kamis

Pada Gambar 7, volume lalulintas tertinggi terdapat pada ruas Jl. A. Yani (Pendekat Selatan) dengan total 12.473 smp/jam dan volume lalulintas terendah terjadi pada ruas Jl. KH. Noer Ali (Pendekat Barat) yaitu sebesar 4.277 smp/jam.

b. Data kecepatan lalulintas
Survei dilakukan sebanyak 3 kali untuk kendaraan ringan atau LV untuk setiap

pergerakan. Berikut adalah tampilan data keseluruhan dari total waktu survei untuk kecepatan lalulintas yang tersaji dalam tabel dengan durasi tiap hari dan waktu yang berbeda.

Tabel 1. Rata- Rata Kecepatan Tertinggi, 23 September 2017

NO	Sampel	Kecepatan Rata-Rata (m/detik)	Pendekat	Waktu
1	LV	9,24	Selatan (Jl. A.Yani) – Utara (Jl. A. Yani)	Pagi
2	LV	8,83	Timur (Jl. M. Hasibuan)-Barat (Jl. KH. Noer Ali)	Siang
3	LV	10,34	Barat (Jl. KH. Noer Ali) – Timur (Jl. M. Hasibuan)	Sore

Tabel 2. Rata- Rata Kecepatan Tertinggi, 26 September 2017

NO	Sampel	Kecepatan Rata-Rata (m/detik)	Pendekat	Waktu
1	LV	10,72	Barat (Jl. KH. Noer Ali) – Timur (Jl. M. Hasibuan)	Pagi
2	LV	8,90	Selatan (Jl. A. Yani - Utara (Jl. A. Yani)	Siang
3	LV	6,78	Timur (Jl. M. Hasibuan – Barat (Jl. KH. Noer Ali)	Sore

Tabel 3. Rata- Rata Kecepatan Tertinggi, 28 September 2017

NO	Sampel	Kecepatan Rata-Rata (m/det)	Pendekat	Waktu
1	LV	7,63	Selatan (Jl. A. Yani) – Utara (Jl. A. Yani)	Pagi
2	LV	7,45	Timur (Jl. M. Hasibuan – Barat (Jl. KH. Noer Ali)	Siang
3	LV	7,97	Timur (Jl. M. Hasibuan – Barat (Jl. KH. Noer Ali)	Sore

c. Data geometrik simpang

Hasil dari data geometrik simpang digunakan untuk menganalisa data operasional ataupun untuk analisa perencanaan simpang pada *software* KAJI.

Tabel 4. Data Geometrik Simpang

Item Jalan	Pendekat Utara (Jl. A. Yani) (m)	Pendekat Selatan (Jl. A. Yani) (m)	Pendekat Timur (Jl. M. Hasibuan) (m)	Pendekat Barat (Jl. KH. Noer Ali) (m)
Lebar Pendekat (W_A)	17,6	17,5	9,3	10,0
Lebar Masuk (W_E)	14,0	14,0	7,0	7,0
Lebar LTOR (W_{LTOR})	3,6	3,5	2,3	3,0
Lebar Keluar (W_{EX})	15,0	15,0	10,0	12,7
Lebar Median	0,5 m	2,0 m	1,2 m	1,0 m
Kemiringan (<i>Grade</i>)	0 %	0 %	0 %	0 %
Segmen Tata Guna Lahan				
Sebelah Utara	: Pertokoan (<i>Comersial</i>)			
Sebelah Selatan	: Mall dan <i>Showroom</i> (<i>Comersial</i>)			
Sebelah Barat	: Mall (<i>Comersial</i>)			
Sebelah Timur	: Pertokoan (<i>Comersial</i>)			

d. Data waktu sinyal lalu lintas

Survei dilakukan pada setiap pendekat/lengan persimpangan, waktu sinyal dari masing-masing aspek lampu lalu lintas juga waktu antar hijau dan waktu yang hilang.

Tabel 5. Data Waktu Sinyal Rata – Rata

Aspek Warna	Fase		
	I	II	III
Hijau	1 menit 19 detik	49 detik	39 detik
Kuning	3 det	3 det	3 detik
Merah	1 menit 43 detik	2 menit 13 detik	2 menit 23 detik
Waktu Siklus	3 menit 5 detik	3 menit 5 detik	3 menit 5 detik
<i>Inter Green</i>	3 detik	3 detik	3 detik
<i>All red</i>	3 detik	3 detik	3 detik
<i>Loss Time</i>	6 detik	6 detik	6 detik

Tampilan Depan (*homepage*)

Halaman ini dibuat untuk memberikan informasi kepada *user* bahwa program yang dijalankan saat ini merupakan program *signalised intersection*. Halaman *homepage* biasanya merupakan *website* pada domain utama dan terdapat informasi selanjutnya pada sub-domain yang sudah dibuat secara spesifik. Bertujuan untuk mengorganisir *content* dalam *website* agar mudah ditemukan dan dilihat oleh pengunjung *website*.



Sumber: Hasil Penelitian, 2020

Gambar 8. *Homepage* Kapasitas Jalan Indonesia

Formulir SIG-I Geometri Pengaturan Lalu Lintas Lingkungan

Halaman ini juga berfungsi menentukan tingkat hambatan samping, kondisi lingkungan, median, *gradient*, *left turn on red*, *distance to parked*, lebar lajur pendekat (pendekat WA, masuk Wmasuk, belok kiri langsung W ltor, keluar W keluar) dan *separate*.

Aplikasi akan menampilkan hasil output berupa waktu siklus (c) dan waktu hilang total (LTI).



Sumber: Hasil Penelitian, 2020

Gambar 9. Formulir SIG-I Geometri Pengaturan Lalu Lintas Lingkungan

Berdasarkan hasil data yang sudah diuji menggunakan Aplikasi KAJI dengan hasil pengujian Aplikasi SIKAJI adalah mempunyai hasil yang sama (Valid). Proses validasi dilakukan terhadap perhitungan dari aplikasi yang dibandingkan dengan hasil perhitungan secara manual.

Peyelesaian secara manual:

$$\begin{aligned} \text{Cycle Time (c)} &= (g \text{ fase 1} + g \text{ fase 2} + g \text{ fase 3}) \\ &= (79 + 49 + 39) = 185 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Lost Time (LTI)} &= (I_g \text{ fase 1} + I_g \text{ fase 2} + I_g \text{ fase 3}) \\ &= (6 + 6 + 6) = 18 \text{ detik} \end{aligned}$$

Setelah ini menguji data arus lalu lintas kendaraan bermotor (MV) dan kendaraan tak bermotor (UM).

Formulir SIG-II Kondisi Arus Lalu Lintas

Pada halaman ini akan menghitung arus lalu lintas dalam smp/jam bagi masing-masing jenis kendaraan untuk kondisi terlindung dan/atau terlawan. Halaman ini juga menghitung rasio

kendaraan belok kiri dan rasio kendaraan belok kanan serta rasio kendaraan tak bermotor.

Sumber: Hasil Penelitian, 2020

Gambar 10. Formulir SIG-II Kondisi Arus Lalu Lintas

Berdasarkan hasil data yang diuji menggunakan Aplikasi Kaji dengan hasil pengujian Aplikasi SiKaji adalah mempunyai hasil yang sama (Valid). Proses validasi dilakukan terhadap perhitungan dari aplikasi yang dibandingkan dengan hasil perhitungan secara manual.

Penyelesaian secara manual:

Arus kendaraan LV (Q) arah utara :

$$\text{Emp terlindung LT/LTOR} = 86 \times 1 = 86 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Emp terlawan LT/LTOR} = 86 \times 1 = 86 \text{ smp/jam}$$

Arus kendaraan HV (Q) arah utara:

$$\text{Emp terlindung LT/LTOR} = 1 \times 1,3 = 1,3 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Emp terlawan LT/LTOR} = 1 \times 1,3 = 1,3 \text{ smp/jam}$$

Arus kendaraan MC (Q) arah utara:

$$\text{Emp terlindung LT/LTOR} = 397 \times 0,2 = 79 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Emp terlawan LT/LTOR} = 397 \times 0,4 = 159 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Kendaraan total bermotor} = 86 + 1 + 397 = 484 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total Emp terlindung} = 86 + 1,3 + 79 = 166,3 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total Emp terlawan} = 86 + 1,3 + 159 = 246,3 \text{ smp/jam}$$

Rasio of turning =

$$\text{PLT} = \frac{\text{LT (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} = \frac{484}{2227} = 0,07$$

$$\text{PRT} = \frac{\text{RT (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} = \frac{0}{2724} = 0$$

Rasio kendaraan tak bermotor

$$P_{UM} = \frac{Q_{um}}{Q_{mv}} = \frac{1}{484} = 0,002$$

Setelah arus lalu lintas sudah terhitung, langkah selanjutnya adalah menentukan waktu antar hijau dan waktu hilang.

Formulir SIG-III Waktu Antar Hijau Dan Waktu Hilang

Pada halaman ini berfungsi untuk perhitungan rinci waktu merah semua dalam (det) dan waktu hilang total (LTI).

Sumber: Hasil Penelitian, 2020

Gambar 11. Tampilan SIKAJI formulir SIG-III

Berdasarkan hasil data yang diuji menggunakan Aplikasi Kaji dengan hasil pengujian Aplikasi SiKaji adalah mempunyai hasil yang sama (Valid). Proses validasi dilakukan terhadap perhitungan dari aplikasi yang dibandingkan dengan hasil perhitungan secara manual.

Penyelesaian secara manual:

Waktu Merah Semua arah Utara

$$= \left(\frac{\text{Lev} + \text{Iav}}{V_{ev}} - \frac{\text{Lav}}{V} \right)$$

$$= \left(\frac{54 + 5}{7,92} - \frac{15}{9,14} \right)$$

$$= (7,4 - 1,6)$$

$$= 5,81 \text{ detik}$$

Lost Time (LTI)

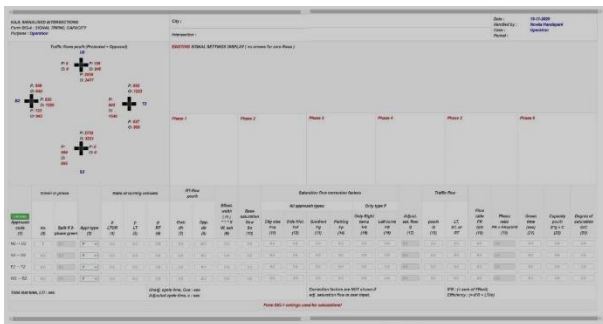
$$= \text{Merah semua total} + \text{waktu kuning (det/siklus)}$$

$$= 3 + 3 + 3$$

$$= 9 \text{ detik}$$

Formulir SIG-IV Penentuan Waktu Sinyal Dan Kapasitas

Halaman ini berfungsi untuk menampilkan sketsa distribusi arus lalu lintas (smp/jam) dan terdapat sketsa tipe fase sinyal.



Sumber: Hasil Penelitian, 2020

Gambar 12. Tampilan SIKAJI Formuler SIG-IV

Dengan mengisi formuler SIG II maka aplikasi akan menampilkan sketsa yang menunjukkan arus-arus dengan arahnya dalam smp/jam pada sudut kiri Formuler SIG-IV.

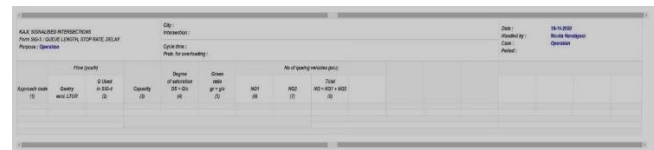
Berikut adalah contoh perhitungan secara manual dari nilai-nilai arah Utara:

1. Lebar Efektif $W_e = (W_A - W_{LTOR})$
 $= (17,50 - 3,60)$
 $= 13,90 \text{ m}$
2. Nilai dasar (smp/jam hijau) S_o
 $= 600 \times W_e$
 $= 600 \times 13,90$
 $= 8340 \text{ smp/jam hijau}$
3. Nilai arus jenuh yang disesuaikan S
 $= S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$
 $= 8340 \times 1 \times 0,930 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$
 $= 7753 \text{ smp/jam hijau}$
4. Rasio arus FR
 $\frac{Q}{S} = \frac{2060}{7753} = 0,266$
5. Kapasitas (smp/jam) C
 $S \times \frac{g}{c} = 7753 \times \frac{79}{185} = 3311 \text{ smp/jam}$
6. Derajat Kejenuhan DS
 $\frac{Q}{c} = \frac{2060}{3311} = 0,622$

Langkah selanjutnya adalah langkah terakhir dari perhitungan simpang bersinyal. Pengujian Formuler SIG-V berisi panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti, dan tundaan.

Formuler SIG-V Tundaan, Panjang Antrian, Jumlah Kendaraan Terhenti

Formuler SIG V merupakan tahap terakhir dalam perhitungan simpang bersinyal.



Sumber: Hasil Penelitian, 2020

Gambar 13. Tampilan SIKAJI Formuler V

Berdasarkan hasil data yang diuji menggunakan Aplikasi Kaji dengan hasil pengujian Aplikasi SiKaji adalah mempunyai hasil yang sama (Valid). Proses validasi dilakukan terhadap perhitungan dari aplikasi yang dibandingkan dengan hasil perhitungan secara manual.

Peyelesaian secara manual:

Panjang antrian QL
 $= \frac{NQ_{max} \times 20}{14}$
 $= \frac{W_{masuk} \times 20}{14} = 164 \text{ m}$

Rasio kendaraan NS
 $= 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$
 $= 0,9 \times \frac{82,92}{2060 \times 185} \times 3600$
 $= 0,705$

Jumlah kendaraan terhenti N_{sv}
 $= Q \times NS = 2060 \times 0,705$
 $= 1452 \text{ (smp/jam)}$

Tundaan lalulintas rata-rata DT
 $= c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{c}$
 $= 185 \times (\frac{0,5 \times (1-0,247)^2}{(1-0,247 \times 0,622)} + \frac{0,32 \times 3600}{3311})$
 $= 41,71 \text{ detik/smp}$

Tundaan geometri rata-rata DG_j
 $= (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4)$
 $= (1 - 1) \times 0,07 \times 6 + (1 \times 4)$
 $= 2,95 \text{ detik/smp}$

Tundaan rata-rata D
 $= DT + DG$
 $= 41,71 + 2,95 = 44,66 \text{ detik/smp}$

Tundaan total
 $= D \times Q$
 $= 44,66 \times 3060 = 91997 \text{ smp.detik}$

Rekapitulasi Analisa Operasional dan Alternatif

Analisa awal yang dilakukan adalah analisa operasional kinerja simpang bersinyal dengan menggunakan *software* KAJI ver 1.10x. Kriteria sebuah persimpangan dengan kinerja yang optimal adalah terindikasi dari derajat kejenuhannya dan tingkat pelayanannya hampir sama rendah pada tiap pendekat atau lengan persimpangan yang ditinjau, serta panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan waktu tundanya kecil.

Berikut adalah hasil rekapitulasi alternatif yang telah diolah menggunakan *software* KAJI dan SIKAJI.

Tabel 6. Rekapitulasi Alternatif KAJI dan SIKAJI

Waktu Survei	Volume smp/jam	Kecepatan m/det	Waktu Hijau g (dt)	Kapasitas C (smp/jam)	Derajat Kejenuhan DS	Panjang Antrian QL (m)	Tundaan D (m)
Sabtu Pagi 06-10 - 08-10 KAJI Rizal Ma'arif							
Utara	2060	792	79/49/39	3355	0,618	873	780,49
Selatan	2730	92	79/49/39	3336	0,819	249	48,59
Barat	1765	914	79/49/39	823	21,45	2394	2171,6
Timur	1549	924	79/49/39	1034	14,89	1403	975,7
Waktu Survei	Volume smp/jam	Kecepatan m/det	Waktu Hijau g (dt)	Kapasitas C (smp/jam)	Derajat Kejenuhan DS	Panjang Antrian QL (m)	Tundaan D (m)
Sabtu Pagi 06-10 - 08-10 Alternatif KAJI Rizal Ma'arif							
Utara	2.519	10,72	10/10/2010	3.069	0,4	14	8,6
Selatan	2.063	8,9	10/10/2010	3.069	0,3	10	8,4
Barat	3.119	6,78	11/10/2010	2.041	0,4	11	17,8
Timur	2.732	9,24	10/10/2010	3.023	0,4	14	8,67
Waktu Survei	Volume smp/jam	Kecepatan m/det	Waktu Hijau g (dt)	Kapasitas C (smp/jam)	Derajat Kejenuhan DS	Panjang Antrian QL (m)	Tundaan D (m)
Sabtu Pagi 06-10 - 08-10 SIKAJI							
Utara	2060	792	79/49/39	3355	0,618	873	780,49
Selatan	2730	92	79/49/39	3336	0,819	249	48,59
Barat	1765	914	79/49/39	823	21,45	2394	2171,6
Timur	1549	924	79/49/39	1034	14,89	1403	975,7
Waktu Survei	Volume smp/jam	Kecepatan m/det	Waktu Hijau g (dt)	Kapasitas C (smp/jam)	Derajat Kejenuhan DS	Panjang Antrian QL (m)	Tundaan D (m)
Sabtu Pagi 06-10 - 08-10 Alternatif SIKAJI							
Utara	2060	792	36/20/16	3191	0,646	83	22,3
Selatan	2730	92	36/20/16	3192	0,856	129	27,39
Barat	1765	914	36/20/16	1419	0,636	43	35,25
Timur	1549	924	36/20/16	1773	0,462	36	30,34

Sumber: Hasil Penelitian, 2020

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan dengan aplikasi menunjukkan bahwa hasil analisis nilai derajat kejenuhan sebesar 0,619, tingkat akurasi 99,99% dibandingkan perhitungan secara manual yaitu nilai derajat kejenuhan sebesar 0,621. Tingkat pelayanan jalan masih berada pada level F, kondisi ini menggambarkan masih terjadi kemacetan pada tiap lengan simpang.

Aplikasi SIKAJI berbasis *website* memiliki tampilan yang ramah, mudah dimengerti dan dapat digunakan dimanapun dan kapanpun dengan menggunakan komputer desktop maupun *mobile* (ponsel), sedangkan aplikasi KAJI masih menggunakan sistem operasi MS-DOS sehingga memerlukan program DOSbox untuk menjalankan aplikasi tersebut.

Pembuatan aplikasi SIKAJI merupakan pengembangan aplikasi sebelumnya dari KAJI dengan nilai ketetapan yang ada pada MKJI 1997 Jalan Perkotaan. Melalui pembuatan program SIKAJI diharapkan dapat mempermudah *user* untuk mengevaluasi kinerja simpang bersinyal terutama untuk kepentingan akademis. Serta dapat terhubung dengan Google Maps sehingga dapat memberikan informasi yang lebih lengkap. Meningkatkan dan memperbaiki penelitian ini dengan penggabungan antara sistem informasi lalu lintas online dengan sistem identifikasi otomatis sehingga didapatkan sistem integral yang mampu mengenali kepadatan lalu lintas secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] _____, 1997, Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- [2] _____, 2013, Pengawasan dan Pengendalian Angkutan Barang Dengan Kendaraan Bermotor, Gubernur Jawa Barat, Bandung
- [3] _____, 2017, Dinas Pendapatan Daerah Kota Bekasi, Kota Bekasi, Bekasi, (<http://repository.ub.ac.id/id/eprint/8670/4/BAB%20IV.pdf>), diakses 2019
- [4] _____, 2018, Peta Lokasi Simpang Jl. A. Yani Dengan Jl. M. Hasibuan-Jl. KH. Noer Ali, (<https://maps.google.com>), diakses 2019
- [5] _____, 2018, Badan Pusat Statistik Kota Bekasi, Kota Bekasi, Bekasi, (<https://bekasikota.bps.go.id/indicator/12/29/1/jumlah-penduduk-kota-bekasi.html>), diakses 2019
- [6] Badiyanto, S., 2018, Mastering Framework yii, Penerbit Mediakom, Yogyakarta
- [7] Ciptaningrum, Megasatya., 2016, Analisis Kinerja Jalan Kota Malang Menggunakan Metode FDC (*Floating Car Data*) Berbasis GPS Pada Perangkat Bergerak, Magister Thesis, Universitas Brawijaya, Malang
- [8] Mukhlis, Robby., 2012, Aplikasi Pengendalian Rambu-Rambu Lalu Lintas Untuk Masyarakat Dalam Mengikuti Ujian SIM Di Polresta Bandung Berbasis J2ME, Jurnal, Universitas Komputer Indonesia, Bandung
- [9] Pambudi, Agung., 2010, Perancangan Sistem Informasi Lalu Lintas Online Kota

- Surabaya, Jurnal, Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- [10] Maarif, R., 2018, Kinerja Simpang Bersinyal Ajlan Ahmad YAni Dengan Jalan M. Hasiabuan – Jalan K.H. Noer Ali, Kota Bekasi. Skripsi Universitas Islam 45 Bekasi (Tidak Dipublikasikan)
- [11] Setiawan, R., dkk., 2004, Program Perhitungan Persimpangan Bersinyal Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, Jurnal, Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya
- [12] Sugiman, V.R, dkk., 2015, Pengembangan Aplikasi Rambu-Rambu Lalu Lintas Berbasis Android Menggunakan Metode Prototyping, Jurnal Algoritma, Sekolah Tinggi Teknologi, Garut
- [13] Wells, G.R., 1993, Rekayasa Lalulintas, Penerbit Bhratara, Jakarta
- [14] Yuhendra, Yusuf., 2015, Sistem Informasi Geografis Kemacetan Lalu Lintas Pada Persimpangan Di Kota Padang Berbasis Web, Jurnal, Teknik Informatika, Padang Institute Of Technology, Padang