

KAJIAN ARUS JENUH PADA SIMPANG BERSINYAL DI KOTA MALANG BAGIAN SELATAN

Hendi Bowoputro¹, M. Zainul Arifin¹, Ludfi Djakfar¹, Rahayu Kusumaningrum¹

¹Dosen / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono No. 167 Malang, 65145, Jawa Timur
Korespondensi : bowoputro@hotmail.com

ABSTRAK

Salah satu masalah transportasi di kota Malang terjadi pada simpang bersinyal. Permasalahan tersebut ditunjukkan dalam hasil penelitian derajat kejenuhan (DS) pada simpang bersinyal di kota Malang yang sebagian besar melampaui nilai 1 bahkan mencapai 2, yang mana nilai derajat kejenuhan yang ditetapkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 yaitu 0,75. Di dalam MKJI 1997 nilai arus jenuh dasar per meter (S_0/m) pada suatu pendekatan ditetapkan sebesar 600 smp/m. Penelitian ini mengkaji nilai arus jenuh yang sesuai dengan keadaan sebenarnya di kota Malang bagian selatan. Penelitian arus jenuh di kota Malang bagian meliputi 11 simpang bersinyal yang terdiri 34 kaki simpang menggunakan metode *time slice* dengan interval 6 detik. Hasil penelitian menunjukkan lebih dari 32,3% kaki simpang pada wilayah penelitian memiliki nilai S_0/m yang telah melewati standar yang ditetapkan MKJI 1997. Dari hasil tersebut dihasilkan dua buah usulan desain kriteria alternatif formulasi nilai S_0/m . Usulan pertama menghasilkan persamaan $S_0/m = 1159,407 - (83,523 \times \text{lebar pendekatan efektif}) + (246,169 \times \text{bahu jalan}) - (9,938 \times \text{lebar keluar})$. Sedangkan usulan kedua dengan menentukan faktor penyesuaian hambatan samping ideal (FSF ideal). Nilai FSF ideal dikelompokkan menjadi beberapa kategori, yaitu: tingkat rendah dengan nilai 0,728 ; tingkat sedang dengan nilai 1,017, tingkat tinggi dengan nilai 1,520, tingkat sangat tinggi dengan nilai 2,551.

Kata kunci: Simpang Bersinyal, Arus jenuh, *Time slice*, Hambatan samping

1. PENDAHULUAN

Transportasi mempunyai peranan penting dalam menunjang kegiatan masyarakat di suatu negara berkembang. Setiap aspek kegiatan masyarakat di negara berkembang, yang berkaitan dengan manusia, barang dan jasa, memerlukan moda transportasi yang efektif dan efisien yang dapat menunjang mobilitas kegiatan. Dari tahun ke tahun, kebutuhan moda transportasi yang efektif dan efisien di negara berkembang meningkat dengan pesat seiring dengan meningkatnya populasi penduduk. Populasi penduduk yang meningkat pesat mengakibatkan peningkatan kegiatan masyarakat. Sementara itu mobilitas masyarakat tetap dibatasi oleh ruang gerak yang terbatas.

Hubungan permasalahan antara moda transportasi, mobilitas masyarakat dan ruang gerak yang terbatas pada umumnya

terjadi pada sistem transportasi darat. Moda transportasi publik merupakan salah satu alternatif dari permasalahan ini. Namun ketidaktersediaan moda transportasi publik yang memadai di negara berkembang, baik dari segi sarana dan prasarana, membuat masyarakat cenderung menggunakan transportasi pribadi untuk menunjang mobilitas kegiatan harian. Hal ini dapat ditunjukkan dengan peningkatan jumlah kendaraan darat pribadi yang sangat pesat dari tahun ke tahun.

Indonesia sebagai negara berkembang tidak luput dari masalah transportasi darat yang terjadi di negara-negara berkembang lainnya. Di setiap kota besar di Indonesia, permasalahan sistem transportasi darat menjadi masalah yang serius. Masalah utama sistem transportasi darat di daerah perkotaan adalah kemacetan lalu lintas, yang mana salah satu

penyebabnya adalah arus kendaraan melintas yang melebihi kapasitas jalan. Kota Malang sebagai kota terbesar kedua di Jawa Timur mulai mengalami permasalahan ini sejak dicanangkannya kota Malang sebagai kota pendidikan dan pintu gerbang pariwisata di area Malang Raya.

Salah satu masalah transportasi di kota Malang terjadi pada simpang bersinyal. Permasalahan tersebut ditunjukkan dalam hasil penelitian derajat kejenuhan (DS) pada simpang bersinyal di kota Malang yang sebagian besar melampaui nilai 1 bahkan mencapai nilai 2, yang mana nilai derajat kejenuhan yang ditetapkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 adalah 0,75 (Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, 2011). Salah satu upaya dalam tahapan penyelesaian masalah pada simpang bersinyal adalah penelitian mengenai nilai arus jenuh pada setiap pendekat (kaki simpang). Arus jenuh merupakan besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/hijau). Tingginya nilai arus jenuh pada sebuah kaki simpang bersinyal menyebabkan penurunan kualitas pelayanan dari simpang bersinyal.

Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997) yang merupakan pedoman yang digunakan untuk menghitung kapasitas dan perilaku lalu lintas di Indonesia telah memuat kajian mengenai arus jenuh. Manual tersebut dibuat berdasarkan penelitian empiris yang dilaksanakan di lima kota besar Indonesia, yaitu Jakarta, Bandung, Medan, Surabaya dan Semarang pada periode tahun 1994 hingga tahun 1997. Penelitian yang dilakukan telah berusia kurang lebih enam belas tahun, sehingga diperlukan kajian lanjutan tentang formulasi perhitungan arus jenuh yang sesuai dengan karakteristik suatu daerah pada saat sekarang. Dengan adanya kajian mengenai arus jenuh maka dapat membantu evaluasi kemacetan yang terjadi di simpang bersinyal di kota Malang.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil survei yang dilakukan secara langsung di tiap lokasi kaki simpang yang berupa data geometrik jalan (lebar pendekat, lebar masuk dan lebar keluar), data durasi sinyal lalu lintas, data arah pergerakan lalu lintas, data arus lalu lintas, dan data kondisi lingkungan jalan. Sedangkan data sekunder merupakan data yang berasal dari instansi-instansi terkait, baik milik pemerintah maupun swasta, yang berkaitan dengan penelitian berupa data kependudukan kota Malang dan peta jaringan jalan kota Malang.

Untuk pengumpulan data dan informasi pada penelitian ini dilakukan persiapan yang matang agar dapat memperlancar proses pengambilan data. Pengumpulan data lapangan diawali dengan survey pendahuluan sehingga dapat menentukan lokasi simpang yang akan diambil data lapangannya. Pengukuran data lapangan meliputi pengukuran geometrik simpang, pencatatan durasi sinyal lalu lintas dan observasi keadaan lingkungan jalan, pencatatan arah pergerakan arus lalu lintas simpang bersinyal. Selain itu juga dilakukan studi kepustakaan berupa buku, jurnal ilmiah dan peraturan perundangan yang berkaitan dengan penelitian ini.

Dari hasil survey pendahuluan digunakan untuk menentukan waktu dan lokasi pengambilan data arus lalu lintas yang meliputi 11 lokasi simpang bersinyal yang mencakup 40 kaki simpang bersinyal. Penentuan waktu jenuh didasarkan dari kepadatan arus lalu lintas pada waktu sibuk bagi pengguna lalu lintas. Waktu sibuk bagi pengguna lalu lintas pada umumnya adalah pada saat pagi hari (jam berangkat ke kantor atau sekolah), siang hari (jam istirahat siang dan pulang sekolah) dan sore hari (jam pulang kantor dan sekolah). Parameter observasi kondisi kejenuhan arus berdasarkan tersisanya kendaraan dari

suatu antrian lalu lintas dalam suatu siklus sinyal pada suatu kaki simpang. Kaki simpang bersinyal yang mengalami kejenuhan arus pada umumnya menyisakan arus kendaraan setelah sinyal hijau berakhir dari suatu antrian dalam sebuah siklus. Kaki simpang bersinyal yang mengalami kejenuhan arus selanjutnya akan diambil data arus lalu lintasnya.

Tabel 1. Daftar lokasi kaki simpang dan waktu penelitian pada penelitian arus jenuh di kota Malang bagian selatan

| Nama Simpang | Kode Simpang | Lokasi Kaki Simpang | Waktu Penelitian |
|--------------|--------------|-----------------------------|------------------|
| PLN | A 1 | Jl. Brigjen Slamet Riyadi | 16.00 – 17.45 |
| | A 2 | Jl. Jend. Basuki Rahmat | |
| JANTI | B 1 | Jl. Kol. Slamet Supriyadi | 16.00 – 17.45 |
| | B 2 | Jl. Janti Barat | |
| GALUNGGUNG | C 1 | Jl. Bendungan Sutarni | 16.00 – 17.45 |
| | C 2 | Jl. Galunggung | |
| | C 3 | Jl. Bondowoso | |
| | C 4 | Jl. Tidar Raya | |
| DIENG | D 1 | Jl. Galunggung | 16.00 – 17.45 |
| | D 2 | Jl. Raya Dieng | |
| | D 3 | Jl. Raya Langsep | |
| | D 4 | Jl. Terusan Raya Dieng | |
| IJEN | E 1 | Jl. Ijen | 16.00 – 17.45 |
| | E 2 | Jl. Kawi (Toga Mas) | |
| | E 3 | Jl. Kawi (MOG) | |
| BRI KLOJEN | F 1 | Jl. Kawi (MOG) | 16.15 – 17.30 |
| | F 2 | Jl. Kawi Atas (Alun-alun) | |
| ALUN-ALUN | G 1 | Jl. Arif Rahman Hakim | 16.15 – 17.30 |
| | G 2 | Jl. Jend. Basuki Rahmat | |
| KASIN | H 1 | Jl. K.H Hasyim Ashari | 16.00 – 17.45 |
| | H 2 | Jl. Arif Margono (Sukun) | |
| | H 3 | Jl. Brigjen Katarnso | |
| BCA SEMERU | I 1 | Jl. Jend. Basuki Rahmat | 16.00 – 17.45 |
| | I 2 | Jl. Kahuripan (Balai Kota) | |
| | I 3 | Jl. Jend. Basuki Rahmat | |
| | I 4 | Jl. Semeru | |
| COMBORAN | J 1 | Jl. Laksmana Martadinata | 06.45 – 08.00 |
| | J 2 | Jl. Kebalen | |
| | J 3 | Jl. Kol. Sugiono (Gadang) | |
| | J 4 | Jl. Sartono (Comboran) | |
| GADANG | K 1 | Jl. Kol. Sugiono (Malang) | 16.00 – 17.45 |
| | K 2 | Jl. Gadang Bumiayu | |
| | K 3 | Jl. Raya Lowokdoro (Blitar) | |
| | K 4 | Jl. Satsuit Tubun (Kacuk) | |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Metode *Time Slice*

Pada proses analisis arus jenuh interval dengan metode *time slice*, data arus lalu lintas dikompilasikan dengan beberapa data primer untuk mendapatkan nilai arus jenuh. Analisis arus jenuh dilakukan terhadap masing kaki simpang yang mengalami kejenuhan arus yang tinggi berdasarkan data survei pendahuluan dan video arus lalu lintas. Berikut ini ditampilkan analisis arus jenuh pada suatu kaki simpang Jl. Jendral Basuki Rahmat (Kode A-2).

Dikarenakan pada kaki simpang terdapat kehilangan awal dan kehilangan akhir, maka perlu diperhitungkan dan

diperoleh kehilangan awal sebesar -2,013 detik dan kehilangan akhir -1.352 detik.

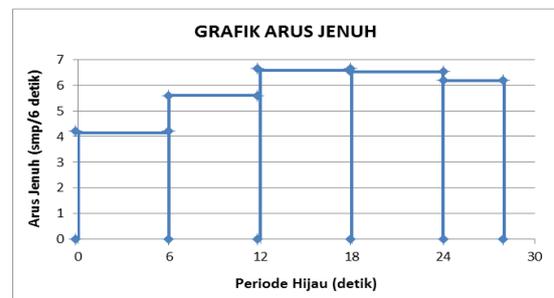
Hasil analisis nilai arus jenuh interval rata-rata ($S_{rata-rata}$) pada seluruh kaki simpang di wilayah studi terangkum pada **Tabel 3**.

3.2 Kajian Arus Jenuh Dasar

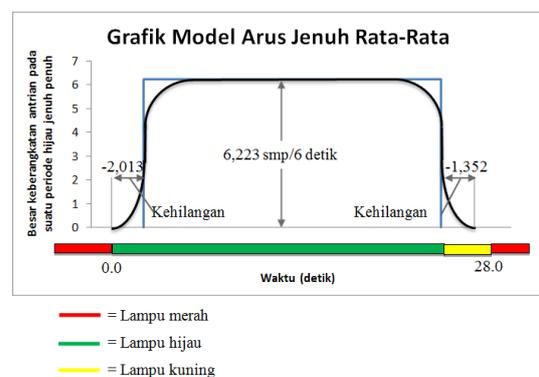
Dalam hasil perhitungan nilai arus jenuh dasar pada penelitian di wilayah studi didapatkan bahwa di beberapa kaki simpang bersinyal memiliki nilai arus jenuh dasar per meter (S_0/m) yang sudah tidak sesuai dengan formulasi arus jenuh dasar per meter (S_0/m) yang ditetapkan MKJI 1997 yaitu maksimal sebesar 600 smp/m.

Tabel 2. Arus lalu lintas kendaraan bermotor kaki simpang kode A2

| Time Periode | Traffic Flow (Veh) | | | | Traffic Flow (smp) | | | | Arus Jenuh Interval (S interval) (5) = (4) / Σ sampel | |
|--------------|--------------------|-----|-----|---|--------------------|-----------|-----------|--------------------------------|--|---------------------|
| | MC | LV | HV | M | MC (1) | LV (2) | HV (3) | M1 (4) = (1) + (2) + (3) | | |
| 0.0 | 6.0 | 137 | 54 | 1 | 192 | 27.4 | 54 | 1.3 | 82.7 | 4.135 (smp/6 detik) |
| 6.1 | 12.0 | 138 | 83 | 1 | 222 | 27.6 | 83 | 1.3 | 111.9 | 5.595 (smp/6 detik) |
| 12.1 | 18.0 | 137 | 104 | 0 | 241 | 27.4 | 104 | 0 | 131.4 | 6.57 (smp/6 detik) |
| 18.1 | 24.0 | 129 | 103 | 1 | 233 | 25.8 | 103 | 1.3 | 130.1 | 6.505 (smp/6 detik) |
| 24.1 | 28.0 | 118 | 100 | 0 | 218 | 23.6 | 100 | 0 | 123.6 | 6.18 (smp/4 detik) |



Gambar 1. Grafik arus jenuh interval kaki simpang kode A2



Gambar 2. Grafik model arus jenuh dasar kaki simpang kode A2

Tabel 3. Hasil analisis arus jenuh interval rata-rata

| Kode Kaki Simpang | Lokasi Kaki Simpang | Arus Jenuh Interval Rata-Rata ($S_{rata-rata}$) (smp/jam) |
|-------------------|-----------------------------|---|
| A 1 | Jl. Brigjen Slamet Riyadi | 1615,50 |
| A 2 | Jl. Jend. Basuki Rahmat | 3734,00 |
| B 1 | Jl. Kol. Slamet Supriyadi | 2819,50 |
| B 2 | Jl. Janti Barat | 2086,50 |
| C 1 | Jl. Bendungan Sutami | 2727,00 |
| C 2 | Jl. Galunggung | 3517,50 |
| C 3 | Jl. Bondowoso | 1811,40 |
| C 4 | Jl. Tidar Raya | 1910,25 |
| D 1 | Jl. Galunggung | 3197,00 |
| D 2 | Jl. Raya Dieng | 2782,00 |
| D 3 | Jl. Raya Langsep | 3281,60 |
| D 4 | Jl. Terusan Raya Dieng | 2502,00 |
| E 1 | Jl. Ijen | 1755,00 |
| E 2 | Jl. Kawi (Toga Mas) | 2382,00 |
| E 3 | Jl. Kawi (MOG) | 3430,50 |
| F 1 | Jl. Kawi (MOG) | 1715,00 |
| F 2 | Jl. Kawi Atas (Alun-alun) | 2382,00 |
| G 1 | Jl. Arif Rahman Hakim | 2494,50 |
| G 2 | Jl. Jend. Basuki Rahmat | 2704,50 |
| H 1 | Jl. KH Hasyim Ashari | 3066,00 |
| H 2 | Jl. Arif Margono (Sukun) | 3190,20 |
| H 3 | Jl. Brigjen Katamsa | 2733,00 |
| I 1 | Jl. Jend. Basuki Rahmat | 2039,00 |
| I 2 | Jl. Kahuripan (Balai Kota) | 2213,00 |
| I 3 | Jl. Jend. Basuki Rahmat | 3208,80 |
| I 4 | Jl. Semeru | 2477,25 |
| J 1 | Jl. Laksmana Martadinata | 1801,20 |
| J 2 | Jl. Kebalen | 1940,25 |
| J 3 | Jl. Kol. Sugiono (Gadang) | 2757,00 |
| J 4 | Jl. Sartono (Comboran) | 2372,25 |
| K 1 | Jl. Kol. Sugiono (Malang) | 2631,00 |
| K 2 | Jl. Gadang Bumiayu | 1089,00 |
| K 3 | Jl. Raya Lowokdoro (Blitar) | 1842,00 |
| K 4 | Jl. Satsuit Tubun (Kacuk) | 2073,00 |

Pada pengklasifikasian kaki simpang menurut nilai S_0/m terdapat 21 kaki simpang yang memiliki nilai S_0/m lebih besar daripada yang ditetapkan MKJI 1997 dengan nilai S_0/m yang berkisar 603 smp/m hingga 1611 smp/m. Ketidaksesuaian tersebut diindikasikan berhubungan oleh faktor geometrik jalan dan faktor hambatan samping yang tidak sesuai dengan kondisi arus lalu lintas pada wilayah studi.

Pada kaki simpang yang memiliki nilai arus jenuh dasar per meter yang masih sesuai dengan MKJI 1997, pada kenyataannya berpotensi mengalami peningkatan nilai arus jenuh dasar per meter. Hal ini disebabkan seiring bertambahnya jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor. Adapun daftar kaki simpang yang nilai arus jenuh dasar per meter yang masih sesuai dengan MKJI 1997 adalah sebagai berikut:

➤ Simpang 3 kaki

- Jl. Brig. Slamet Riyadi (Simpang PLN)

- Jl. Jend. Basuki Rahmat (Simpang PLN)

- Jl. Janti Barat (Simpang Janti)

➤ Simpang 4 kaki

- Jl. Bend. Sutami (Simpang Galunggung)

- Jl. Bondowoso (Simpang Galunggung)

- Jl. Tidar Raya (Simpang Galunggung)

- Jl. Kawi (Simpang BRI Klojen)

- Jl. Kawi Atas (Simpang BRI Klojen)

- Jl. Jend. Basuki Rahmat (Simpang Alun-alun)

- Jl. Jend. Basuki Rahmat – dari arah selatan ke utara (Simpang BCA Semeru)

- Jl. Jend. Basuki Rahmat – dari arah utara ke selatan (Simpang BCA Semeru)

- Jl. Semeru (Simpang BCA Semeru)

- Jl. Gadang Bumiayu (Simpang Terminal Gadang)

3.3 Usulan Desain Kriteria Alternatif Arus Jenuh

Pada penelitian arus jenuh di kota Malang bagian selatan didapatkan indikasi bahwa nilai arus jenuh per meter (S_0/m) dipengaruhi oleh faktor geometrik kaki simpang dan ketidaksesuaian nilai faktor hambatan samping yang ditentukan oleh MKJI 1997. Faktor geometrik yang dimaksud adalah lebar pendekat efektif (W_e), lebar keluar (W_{keluar}) dan lebar bahu jalan masuk yang dipakai kendaraan (BJMD).

Analisis mengenai hubungan nilai arus jenuh per meter (S_0/m) dengan faktor geometrik kaki simpang akan dianalisis menggunakan analisis statistik regresi linear berganda. Sedangkan analisis mengenai faktor hambatan samping yang ideal dilakukan dengan membagi nilai arus jenuh dasar per meter (S_0/m) dengan koefisien arus jenuh dasar MKJI 1997.

Usulan desain kriteria yang pertama yaitu formulasi nilai arus jenuh dasar per meter (S_0/m) berdasarkan pengaruh lebar

efektif jalan, bahu jalan masuk yang dipakai pengendara dan lebar keluar. Formulasi yang dihasilkan adalah $S_0/m = 1159,407 - (83,523 \times \text{lebar pendekat efektif}) + (246,169 \times \text{bahu jalan}) - (9,938 \times \text{lebar keluar})$. Sedangkan untuk usulan desain kriteria yang kedua adalah penentuan nilai faktor penyesuaian hambatan samping ideal (FSF ideal) untuk menggantikan nilai faktor penyesuaian hambatan samping (FSF) yang sebelumnya ditentukan berdasarkan MKJI 1997, yang mana nilai FSF berdasarkan MKJI 1997 dianggap kurang sesuai dengan kondisi lalu lintas saat ini. Dari analisis nilai rata-rata untuk setiap kategori hambatan samping didapatkan nilai FSF ideal tingkat rendah adalah 0,728, nilai FSF ideal tingkat sedang adalah 1,017, nilai FSF ideal tingkat tinggi adalah 1,520 dan nilai FSF ideal tingkat sangat tinggi adalah 2,551.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai arus jenuh pada simpang bersinyal di kota Malang bagian selatan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai arus jenuh dasar per meter (S_0/m) pada 11 simpang bersinyal di kota Malang bagian selatan berkisar antara 211,31 smp/m hingga 1611,454 smp/m. Pada simpang 3 kaki nilai S_0/m terendah adalah 282,048 smp/m dan yang tertinggi adalah 937,513 smp/m. Sedangkan pada simpang 4 kaki nilai S_0/m terendah adalah 211,31 smp/m dan tertinggi adalah 1611,454 smp/m.
2. Pada simpang bersinyal di kota Malang bagian selatan 32,3% kaki simpang memiliki arus S_0/m yang telah melampaui standar yang ditetapkan MKJI 1997 (600 smp/m), 50% kaki simpang lainnya masih di dalam standar MKJI 1997 sedangkan 17,7% berada di bawah standar MKJI 1997. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu kondisi geometrik jalan yang tidak memadai bagi kendaraan, keadaan

lingkungan di sekitar lokasi simpang yang menghambat pergerakan lalu lintas dan arus lalu lintas yang tinggi.

3. Berdasarkan hasil penelitian arus jenuh pada simpang bersinyal di kota Malang bagian selatan, diusulkan 2 desain kriteria alternatif formulasi arus jenuh yaitu :

- Usulan pertama yaitu formulasi nilai arus jenuh dasar per meter (S_0/m) berdasarkan pengaruh lebar efektif jalan, bahu jalan masuk yang dipakai pengendara dan lebar keluar. Formulasi yang dihasilkan adalah $S_0/m = 1159,407 - (83,523 \times \text{lebar pendekat efektif}) + (246,169 \times \text{bahu jalan}) - (9,938 \times \text{lebar keluar})$.
- Usulan kedua adalah penentuan nilai faktor penyesuaian hambatan samping ideal (FSF ideal) untuk menggantikan nilai faktor penyesuaian hambatan samping (FSF) yang sebelumnya ditentukan berdasarkan MKJI 1997, yang mana nilai FSF berdasarkan MKJI 1997 dianggap kurang sesuai dengan kondisi lalu lintas saat ini. Dari analisis nilai rata-rata untuk setiap kategori hambatan samping didapatkan nilai FSF ideal tingkat rendah adalah 0,728, nilai FSF ideal tingkat sedang adalah 1,017, nilai FSF ideal tingkat tinggi adalah 1,520 dan nilai FSF ideal tingkat sangat tinggi adalah 2,551.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A. A. (2008). *Rekayasa Lalu Lintas*. Malang: UMM Press.
- Badan Statistik Kota Malang. (2012). *Malang Dalam Angka 2012*. Malang: BPS.
- Budiarnaya, P. (2001). *Analisis Nilai Arus Jenuh (Saturation Flow) Pada Persimpangan Kota Denpasar*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Dirjen Bina Marga.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, U. (2011). *Kajian Tingkat Pelayanan Simpang*

- Bersinyal di Kota Malang*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Mashuri. (2007). Model Hubungan Nilai Arus Jenuh Dengan Kecepatan Kendaraan Di Persimpangan (Studi Kasus: Jl. Mesjid Raya – Jl. Veteran – Jl. Bandang Makassar). *Jurnal SMARTEK*, V (1).
- Rahayu, G., Rosyidi, S., & Munawar, A. (2009). Analisis Arus Jenuh dan Panjang Antrian pada Simpang Bersinyal: Studi Kasus di Jalan Dr. Sutomo-Suryopranoto, Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, XII (1): 99-108.
- Rakhmad, N., & Vahrial, A. (2013). *Kajian Arus Jenuh Pada Simpang Bersinyal di Kota Malang Bagian Utara*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Trihendradi, C. (2012). *Step By Step SPSS 20*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.