



Kajian Ulang Perencanaan Geometrik Simpang Simpang Tak Bersinyal Berdasarkan Highway Capacity Manual

¹Bambang Tripoli, ²Dian Febrianti, ³Edi Mawardi, ⁴Zulyaden, ⁵Supriadi

^{1,2,3,4}Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar

⁵Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar

¹bambangtripoli@utu.ac.id, ²dianfebrianti@utu.ac.id, ³edimawardi@utu.ac.id, ⁴zulyaden@utu.ac.id, ⁵omgadeng@gmail.com

Abstract

Simpang Empat Jeuram Nagan Raya is often mentioned by local people as "Simpang Peut" is the main route of the city's arterial road serving traffic movement between districts or between provinces, which is located in Kuala District, Nagan Raya Regency. The intersection has four arms, serving the flow of 4 lanes of the main road with a median and 2 lanes of minor roads connecting the route for offices, residential residents, trade and as a route to the city center. The problem that is raised and also the purpose of research is how the performance of the intersection to traffic volume occurs in the four arms and distinguishes the difference between the current calculation and previous research. The limitations of the discussion are the research location at Simpang Empat Jeuram, the performance of the intersection based on the 1993 HCM method, side barriers and not predicting previous research. Based on the results, the current volume is 3,310 pcu/hour with a composition of 2,789 pcu/hour. The capacity of 4,009 pcu/hour is above the existing volume which is categorized as not jammed or not saturated. Side barriers 1,328 events are categorized as commercial areas and roadside market activity is very high. The degree of saturation is $0.70 < DS$ ($DS < 0.80 - 0.90$) with an average delay of 7.95 seconds/pcu and a queue length of 40% - 20% with a service level D where the current is unstable and sometimes has to slow down the speed of 43 km/hour. Previous research has shown significant results, because the increase in vehicles has continued to increase by 75% in the last 3 years.

Keywords: unsigned intersections, intersection performance, HCM.

Abstrak

Simpang Empat Jeuram Nagan Raya sering disebutkan oleh masyarakat setempat "Simpang Peut" merupakan jalur utama jalan arteri kota melayani pergerakan lalu lintas antar kabupaten atau antar provinsi, yang berada di Kecamatan Kuala Kabupaten Nagan Raya. Simpang tersebut memiliki empat lengan, melayani arus 4 lajur jalan utama bermedian dan 2 lajur jalan minor menghubungkan jalur arah perkantoran, perumahan penduduk, perdagangan dan sebagai jalur menuju ke pusat kota. Permasalahan diangkat dan juga menjadi tujuan penelitian bagaimana kinerja persimpangan terhadap volume lalu lintas terjadi di empat lengan dan membedakan selisih perhitungan sekarang terhadap penelitian terdahulu. Batasan pembahasan yakni lokasi penelitian di Simpang Empat Jeuram, kinerja simpang berdasarkan metode HCM 1993, hambatan samping dan tidak memperkirakan penelitian terdahulu. Berdasarkan hasil, volume arus yang terjadi 3.310 smp/jam dengan komposisi arus kendaraan 2.789 smp/jam. Kapasitas 4.009 smp/jam berada diatas volume yang ada dikategorikan tidak macet atau tidak jenuh. Hambatan samping 1.328 kejadian dikategorikan daerah niaga dan aktivitas pasar sisi jalan sangat tinggi. Derajat kejenuhan $0.70 < DS$ ($DS < 0.80 - 0.90$) dengan rata-rata delay 7.95 detik/smp dan panjang antrian 40% - 20% dengan tingkat pelayanan D dimana arus tidak stabil dan kadang harus memperlambat kecepatan 43 km/jam. Terkait penelitian terdahulu menunjukkan hasil signifikan, karena peningkatan kendaraan terus meningkat 75% dalam kurun waktu 3 tahun terakhir.

Kata kunci: Simpang tak bersinyal, Kinerja simpang, HCM.

1. Pendahuluan

Perkembangan suatu kota/daerah dengan pesat, baik dalam intensitas aktivitas sosial ekonomi maupun pengembangan wilayah perkotaannya, sangat berpengaruh pada peningkatan tersedianya prasarana dan sarana transportasi, dalam pergerakan arus lalu lintas yang ada. Semakin bertambah besarnya segala kegiatan tersebut maka bertambah pula intensitas pergerakan arus lalu lintas. Seiring semakin bertambahnya pertumbuhan penduduk serta meningkatnya tingkat kesejahteraan hidup yang mendorong naiknya aktifitas dan kebutuhan untuk melakukan perjalanan.

Simpang Empat Jeuram Nagan Raya yang sering disebutkan oleh masyarakat setempat "Simpang Peut" ini merupakan jalur utama sebagai jalan arteri kota yang melayani pergerakan lalu lintas antar kabupaten atau antar provinsi, yang berada di Kecamatan Kuala Kabupaten Nagan Raya. Simpang tersebut merupakan simpang tak bersinyal yang memiliki empat lengan simpang melayani arus 4 lajur (2 arah) jalan utama bermediasi dan 2 lajur (2 arah) jalan minor yang menghubungkan jalur arah perkantoran, perumahan penduduk, perdagangan dan sebagai jalur menuju ke pusat kota sehingga arus lalu lintasnya cukup padat.

Salah satu kemacetan yang sangat dirasakan oleh masyarakat Kota Jeuram adalah yang terjadi pada ruas jalan Meulaboh – Tapak Tuan, baik sebelum maupun sesudah melewati Simpang Empat Jeuram tersebut.

Kedudukan Kabupaten Nagan Raya secara geografis terletak pada lokasi 03°40'-04°38' Lintang Utara dan antara 96°11'-96°48' Bujur Timur dengan luas wilayah 3.544,90 km² (354.490 ha), yang berbatasan dengan Kabupaten Aceh Barat dan Aceh Tengah di sebelah Utara, Kabupaten Gayo Lues dan Aceh Barat Daya di sebelah Timur, Kabupaten Aceh Barat di sebelah Barat dan di bagian selatan berbatasan dengan Samudera Indonesia. Kabupaten Nagan Raya yang Ibukotanya Suka Makmue memiliki 10 kecamatan (Darul Makmur, Tripa Makmur, Kuala, Kuala Pesisir, Tadu Raya, Beutong,

Beutong Ateuh Banggalang, Seunagan, Suka Makmue, dan Seunagan Timur), [1].

Di lihat dari kedudukannya Kabupaten Nagan Raya berada di lintas jalan nasional di wilayah pantai Barat - Selatan Aceh, merupakan peluang strategis yang harus didayagunakan secara optimal, untuk memungkinkan kemitraan lintas daerah dalam menjalin transaksi perdagangan komoditas hasil pertanian, industri pengolahan, pariwisata, jasa, dan lainnya. Hal ini juga didukung dengan potensi sumber daya pesisir dan kekayaan laut yang cukup besar yang apabila dimanfaatkan dengan baik dan berkelanjutan (*Sustainable development*) dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat terutama nelayan di pesisir dan mendorong kemajuan wilayah pesisir.

Maka dari itu, kembali ke persoalan Simpang Empat (Simpang Peut) Jeuram sangat layak diperhatikan karena sering terjadi konflik antara kendaraan pada saat jam-jam sibuk, karena adanya hambatan samping (para pengemudi memakirkan kendaraannya dipinggir jalan) pada sisi lengan jalan merupakan masalah utama yang disebabkan adanya peningkatan parkir kendaraan pada sisi jalan sampai ke badan jalan baik itu mobil pribadi, mobil barang, sepeda motor, sehingga arus lalu lintas pada persimpangan sering terganggu dan mengakibatkan kendaraan bergerak menjadi lebih lambat.

Terkait penelitian terdahulu menganalisis Simpang Empat Jeuram secara metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia, terlihat dalam kondisi lancar walaupun ada kemacetan yang tidak signifikan, bila dilihat dari persentase peluang antrian rata-rata kendaraan antara 12 – 26 det/smp dengan total rata-rata derajat kejenuhan keseluruhan lengan simpang sebesar 0.52 det/smp [15]. Melihat dari penelitian terdahulu dan perubahan geometrik simpang empat yang sekarang, penulis mencoba kembali menganalisis kajian penelitian terhadap simpang tersebut. Adapun kajian yang akan diteliti berupa "Kajian Ulang Perencanaan Geometrik Simpang Tak Bersinyal Berdasarkan Metode *Highway Capacity Manual* (HCM) Studi Kasus Simpang Empat

Jeuram – Nagan Raya". Diharapkan dengan adanya kajian penelitian ini kinerja lengan persimpangan dapat diperkirakan untuk menciptakan kondisi yang lebih teratur serta terarah demi kelancaran pergerakan arus lalu lintas yang ada.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, permasalahan yang diangkat dalam penelitian kajian ulang perencanaan geometrik simpang tak bersinyal berdasarkan metode *highway capacity manual* (HCM) adalah:

1. Bagaimana kinerja persimpangan terhadap volume arus yang terjadi di empat lengan simpang tak bersinyal (Simpang Empat Jeuram)?
2. Berapa perbedaan selisih hasil penelitian ini terhadap penelitian terdahulu?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian untuk mengetahui kinerja persimpangan terhadap volume arus lalu lintas dan perbedaan selisih hasil kajian penelitian sekarang terhadap penelitian terdahulu terhadap Simpang Empat Jeuram Kabupaten Nagan Raya.

1.3 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang digunakan kajian ulang perencanaan geometrik simpang tak bersinyal berdasarkan metode *highway capacity manual* (HCM), antara lain:

1. Lokasi penelitian di Simpang Empat (Simpang Peut) Jeuram yang berada di Kecamatan Kuala Kabupaten Nagan Raya yang merupakan simpang tak bersinyal;
2. Kinerja simpang tak bersinyal dan nilai tingkat pelayanan persimpangan (*level of service*) dihitung berdasarkan metode *highway capacity manual* 1993;
3. Hambatan samping yang digunakan untuk kendaraan bermotor dan tidak bermotor;
4. Pengamatan volume arus dan hambatan samping dilakukan selama 3 hari, yakni hari Senin-Kamis dianggap 1 hari, Jum'at 1 hari dan Sabtu-Minggu dengan anggapan 1

hari selama 6 jam per hari mulai jam 07.00-09.00 WIB waktu pagi, jam 12.00-14.00 WIB siang dan jam 16.00-18.00 WIB sore;

5. Penelitian tidak memperkirakan penelitian terdahulu, namun membandingkan hasil selisih yang telah didapatkan terhadap penelitian sekarang.

2. Tinjauan Pustaka

Penulis dalam penelitian mencoba melakukan penelitian tentang kajian ulang perencanaan geometrik simpang tak bersinyal berdasarkan metode HCM pada Simpang Empat Jeuram. Terkait penelitian terdahulu simpang yang sama menganalisis simpang tak bersinyal menggunakan metode MKJI 1997 [15]. Berdasarkan penelitian terdahulu dan perubahan bentuk geometrik simpang dengan yang sekarang, penulis mencoba kembali mengkaji ulang Simpang Empat Jeuram, dengan pedoman metode HCM 1993, jurnal penelitian terdahulu dan referensi buku terkait dengan penelitian ini.

2.1 Dasar Teori Persimpangan

Simpang merupakan bagian tidak terpisahkan dari jaringan jalan. 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 dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas didalamnya [7].

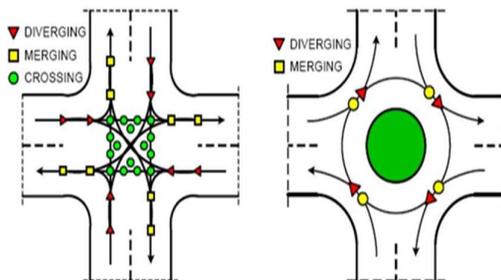
Simpang dibedakan menjadi dua jenis yaitu simpang tak bersinyal dan simpang bersinyal. Sinyal disini adalah lampu lalu lintas (*traffic lights*). Simpang tak bersinyal, pemakai jalan memutuskan sendiri mereka cukup aman untuk langsung melewati atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut. Sedangkan yang bersinyal, pemakai jalan harus mematuhi lampu lalu lintas, bila warna hijau berarti boleh melewati, warna merah berarti harus berhenti, dan warna kuning boleh melewati tetapi harus hati-hati dan siap untuk berhenti [9].

Secara konstruksi, persimpangan jalan dapat diklasifikasikan persimpangan sebidang (*at-grade intersection*) dan persimpangan tak sebidang (*grade separated intersection*). Persimpangan sebidang tanpa lampu lalu lintas, pengaturan lalu lintasnya dapat dikategorikan sebagai persimpangan bebas, persimpangan prioritas atau persimpangan dengan pembagian jalur. Ketiga kategori tersebut secara umum dipergunakan pada jalan dengan volume arus yang berpotongan relatif rendah. Bila volume perpotongan sangat tinggi, maka pengaturan memerlukan lampu lintas (*time sharing intersection*) [14] [6].

2.2 Konflik Simpang

Daerah simpang, lintasan kendaraan akan berpotongan pada satu titik-titik konflik, konflik ini akan menghambat pergerakan dan juga merupakan lokasi potensial untuk tabrakan (kecelakaan). Jumlah potensial titik-titik konflik pada persimpangan tergantung dari jumlah kaki simpang, jumlah lajur dari kaki simpang, jumlah pengaturan persimpangan dan jumlah arah pergerakan [7] [8].

Langkah-langkah kinerja dapat diperkirakan untuk kondisi tertentu mengenai geometrik, lingkungan dan lalu lintas dengan metode yang diuraikan seperti kapasitas, tingkat kejenuhan, keterlambatan dan probabilitas antrian yang berkaitan dengan 3 way dan 4 way arah persimpangan tanpa lampu yang secara resmi dikendalikan oleh aturan kode lalu lintas Indonesia dasar memberikan arah ke kiri. Metode ini memperkirakan dampak yang diharapkan dari variabel-variabel yang mempengaruhi berdasarkan data empiris yang dikumpulkan, biasanya estimasi kapasitas $\pm 20\%$ [5].



Gambar 1. Titik-Titik Konflik Lalu Lintas
 Sumber: Khisty dan Lall, (2003)

Tabel 1. Rentang Variasi Dalam Data Empiris Untuk Variabel Input

Variable	4-Way			3-Way		
	Min.	Avg	Max.	Min.	Avg	Max.
Entry width	3.5	5.4	9.1	3.5	4.9	7
Left turning %	10	17	29	6	26	50
Right turning %	0	13	26	9	29	51
Split %	27	38	50	15	29	41
Light vehicle %	29	56	75	34	56	78
Heavy vehicle %	1	3	7	1	5	10
Motor cycle %	19	33	67	15	32	54
Unmotorised %	1	8	22	1	7	25

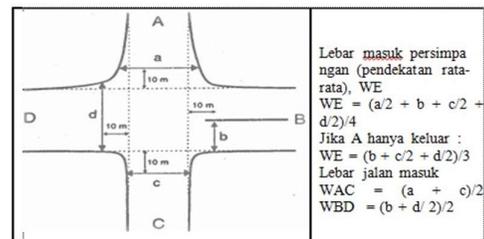
Sumber: Highway Capacity Manual, 1993

2.3 Pemakaian Data Masukan Geometrik

Data geometrik dimasukkan memerlukan analisis kapasitas dan data geometrik yang tercatat kedalam formulir [5].

a) Lebar jalan masuk W_{AC} , W_{BD} dan lebar masuk persimpangan W_E

Masukkan lebar pendekatan individual dan menghitung lebar masuk jalan rata-rata dan masuk lebar temu. Lebar pendekatan individual diukur pada jarak 10 m dari garis imajiner yang menghubungkan tepi trotoar jalan persimpangan. Lebar jalan masuk untuk W_{AC} jalan minor (kecil) dan jalan W_{BD} utama (besar) adalah pendekatan rata-rata lebar untuk jalan kecil dan besar. Lebar masuk persimpangan, W_E (m) adalah rata-rata lebar masuk yang efektif untuk pendekatan dengan lalu lintas masuk yang diizinkan, lihat Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Lebar Jalan Masuk W_{AC} , W_{BD} dan Lebar Masuk Persimpangan W_E

Sumber: Highway Capacity Manual, (1993)

b) Tipe persimpangan

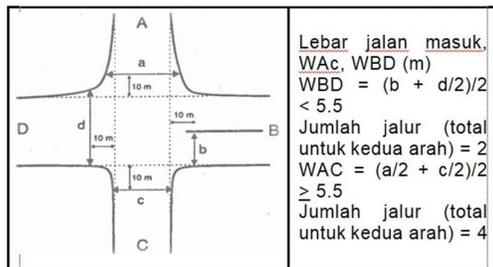
Jenis persimpangan mendefinisikan jumlah lengan simpang dan jumlah lajur di jalan minor dan major (utama) di persimpangan dengan kode tiga digit, lihat Tabel 2. Jumlah lengan adalah merupakan jumlah baik masuk atau

keluar lalu lintas, atau keduanya. Jumlah jalur ditentukan dari lebar keluar masuk rata-rata untuk jalan-jalan, W_E sebagai berikut, lihat Gambar 3.

Tabel 2. Kode Tipe Persimpangan

IT Kode	Jumlah Lengan Persimpangan	Jumlah Jalur Jalan	Jumlah Ruas Jalan Utama
322	3	2	2
324	3	2	4
342	3	4	2
422	4	2	2
424	4	2	4

Sumber: *Highway Capacity Manual*, 1993



Gambar 3. Jalur dan Lebar Jalan Masuk W_E
 Sumber : *Highway Capacity Manual*, (1993)

c) Tipe median jalan utama

Jalan utama yang harus diklasifikasikan berdasarkan jenis median, dari jalan utama adalah *4-lane* (4 lajur). Pedoman rekayasa lalu lintas diperlukan untuk menentukan faktor median. Median lebar jika kendaraan lampu standar bisa berlindung di daerah median tanpa mengganggu debit lalu lintas di jalan utama. Hal ini dimungkinkan jika median adalah 4meter atau lebih luas. Dalam beberapa kasus, misalnya jika pendekatan jalan utama yang lebar, ini mungkin terjadi pada median lebih sempit [5].

2.4 Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diambil dengan penggalan waktu lima belas menit pada masing-masing lengan yang memasuki simpang. Volume lalu lintas diperoleh dengan menghitung banyaknya kendaraan yang melewati simpang. Penggolongan kendaraan disesuaikan dengan *highway capacity manual* 1993, yaitu kendaraan ringan atau *light vehicle* (LV), kendaraan berat atau *heavy vehicle* (HV), sepeda motor atau *motor cycle* (MC), dan kendaraan tidak bermotor atau

unmotorized (UM). Faktor ekivalensi mobil penumpang terhadap arah gerak kendaraan seperti belok kanan, belok kiri, telah disesuaikan dengan kondisi Indonesia, yaitu kendaraan bergerak dalam aliran lalu lintas di sebelah kiri jalan.

Umumnya lalu lintas jalan raya terdiri dari campuran kendaraan cepat, kendaraan lambat, kendaraan berat, kendaraan ringan, dan kendaraan tak bermotor. Kendaraan dengan ukuran dan berat berbeda mempunyai sifat yang berbeda pula. Misalnya kendaraan truk mempunyai ukuran dan berat lebih besar, disamping itu juga mempunyai kelincahan lebih rendah dibandingkan mobil penumpang. Pengaruh kendaraan truk pada perencanaan samping lebih besar, sehingga menurunkan kapasitas jalan. Menghitung pengaruhnya terhadap lalu lintas dan kapasitas, maka kendaraan di bagi dalam beberapa golongan dan setiap golongan mewakili kendaraan rencana [2].

2.5 Kapasitas

Kapasitas jalan adalah kapasitas satu ruas jalan dalam satu sistem jalan raya merupakan jumlah kendaraan maksimum yang memiliki kemungkinan yang cukup untuk melewati ruas jalan tersebut (dalam satu maupun dua arah) dalam periode waktu tertentu dan di bawah kondisi jalan dan lalu lintas yang umum. Berkurangnya kapasitas jalan tersebut dapat mengakibatkan berkurangnya ruang yang dibutuhkan dan sebagian [3].

Kapasitas total suatu simpang dinyatakan sebagai hasil perkiraan antara kapasitas dasar (C_0) yaitu kapasitas ideal dan faktor-faktor penyesuaian (F), dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan terhadap kapasitas, [5]. Persamaan 1 dan variabel *input* untuk kapasitas dengan menggunakan model sebagai berikut:

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RF} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{SP} \quad (1)$$

Dimana:

- C_0 = Kapasitas dasar (smp/jam);
- F_W = Faktor penyesuaian lebar masuk;
- F_M = Faktor penyesuaian tipe median jalan utama;

F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota;
 F_{RF} = Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor;
 F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri;
 F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan;
 F_{SP} = Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor.

Variabel *input* estimasi kapasitas C (smp/jam) seperti diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Variabel Input Estimasi Kapasitas

Variable Type	Variable Description and Input Name	Model Factor
Geometry	Intersection type	IT
	Intersection entry width	WE
	Major road median type	M
Environm ent	City size class	CS
	Road environment and side friction class	RF
	Left turning %	LT%
Traffic	Right turning %	RT%
	Road flow split %	SP%

Sumber: *Highway Capacity Manual, 1993*

2.6 Hambatan Samping

Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas dari aktivitas segmen jalan. Faktor hambatan terutama berpengaruh pada kapasitas dan kinerja jalan perkotaan [10] adalah:

1. Pejalan kaki atau menyebrang sepanjang segmen jalan;
2. Kendaraan berhenti dan parkir;
3. Kendaraan bermotor masuk dan keluar lahan samping jalan dan jalan samping;
4. Kendaraan melambat, yaitu arus total (kend/jam) sepeda, becak, delman, pedati, traktor dan sebagainya.

2.7 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan dihitung sebagai hasil pembagian antara arus lalu lintas total dengan kapasitasnya [5], dengan Persamaan 2.

$$DS = \frac{Q_p}{C} \quad (2)$$

Dimana:

DS = Derajat kejenuhan/*degree of saturation* (smp/jam);

QP = Arus total aliran aktual dari *input* lalu lintas (smp/jam);

C = Kapasitas sebenarnya (smp/jam).

2.8 Perlambatan (*Delay*)

Rata-rata perlambatan simpang (detik/smp) diperkirakan berbasis empiris keterlambatan berbanding dengan kurva derajat kejenuhan. *Delay* meningkat secara signifikan dengan aliran total, yang tidak simultan baik aliran jalan utama dan jalan minor maupun dengan derajat kejenuhan. Aliran maksimum stabil kondisi yang telah ditetapkan sangat sulit untuk menentukan, karena dalam perilaku keluar sangat besar. Sebaliknya kapasitas telah didefinisikan sebagai total aliran persimpangan ketika *delay* rata-rata per kendaraan melebihi nilai yang telah ditetapkan dianggap tinggi, 15 detik.

Nilai penundaan dari metode ini digunakan bersama-sama dengan *delay* dan waktu tempuh nilai dari metode untuk jenis lain dari fasilitas lalu lintas yang dijelaskan untuk memperkirakan waktu perjalanan sepanjang rute dalam jaringan, [5]. Variabel *input delay* D dan derajat kejenuhan. Persamaan yang digunakan:

$$DS < 0.6 : D = 2 + 8.2078 \times DS \quad (3)$$

$$DS > 0.6 : D = 1.0504 / (0.2742 - 0.2042 \times DS)$$

2.9 Panjang Antrian (*Queue Probability*)

Batas nilai peluang antrian QP% ditentukan dari hubungan empiris antara peluang antrian QP% dan derajat kejenuhan (DS). Peluang antrian dengan batas atas dan batas bawah diperoleh dengan menggunakan Persamaan 4, [5] dan variabel *input* peluang antrian QP%.

Batas atas:

$$QP\% = (47,71 \times DS) - (24,68 \times DS^2) + (56,47 \times DS^3) \quad (4)$$

Batas bawah:

$$QP\% = (9,02 \times DS) + (20,66 \times DS^2) + (10,49 \times DS^3)$$

2.10 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (*level of service/LoS*) [13] adalah ukuran kinerja ruas jalan yang dihitung berdasarkan tingkat penggunaan jalan, kecepatan, kepadatan dan hambatan yang terjadi. Tingkat pelayanan dikategorikan dari yang terbaik (A) sampai yang terburuk (tingkat pelayanan F). Tingkat pelayanan simpang adalah ukuran kualitas pelayanan, ditentukan dengan perbandingan antara volume dan

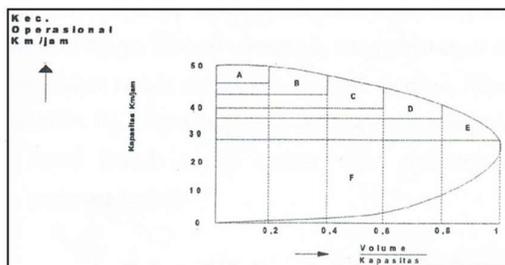
kapasitas yaitu tundaan. Berikut ini kriteria LoS (tingkat pelayanan) untuk persimpangan.

Tabel 4. Dasar Level of Service Control Delay

Level of Service	Control Delay per Vehicle in Seconds (d) (Including Geometric Delay)	
	Signals and Roundabout	Stop Signs and Give Way (Yield) Signs
A	$d \leq 10$	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$	$10 < d \leq 15$
C	$20 < d \leq 35$	$15 < d \leq 25$
D	$35 < d \leq 55$	$25 < d \leq 35$
E	$55 < d \leq 80$	$35 < d \leq 50$
F	$80 < d$	$50 < d$

Sumber: *Highway Capacity Manual, 1993*

Berdasarkan kriteria tingkat pelayanan [5] untuk persimpangan dengan tanda *stop* (*stop sign*) dan tanda pemberi jalan (*Give Way/Yield Signs*). Berdasarkan kontrol tundaan, dimana tingkat pelayanan A artinya kendaraan bebas menentukan kecepatannya; tingkat pelayanan B artinya terjadi sedikit hambatan; tingkat pelayanan C artinya kondisi stabil, kebebasan manuver (bergerak) terbatas; tingkat pelayanan D artinya arus tidak stabil, kadang harus memperlambat kecepatan; tingkat pelayanan E artinya sangat tidak stabil dan kadang macet; dan tingkat pelayanan F artinya terjadi kemacetan. Pemahaman dalam bentuk grafik tentang tingkat pelayanan diperlihatkan pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Grafik Tingkat Pelayanan (LoS)
 Sumber: *Highway Capacity Manual dalam kutipan Tamin, (2003)*

2.10 Penelitian Terdahulu

Beberapa referensi kajian penelitian terdahulu, jurnal, literatur terkait, sebagai pedoman langkah melengkapi dan menyempurnakan penulisan supaya lebih terarah. Referensi terdahulu, antara lain:

Tabel 5. Referensi Penelitian

Nama, Judul dan Metode	Hasil Penelitian
Wahyuni, G., 2015 [15] Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus Simpang Peut Nagan Raya) Metode MKJI 1997	Volume arus yang terjadi pada Simpang Peut Jeuram Kabupaten Nagan Raya, kinerja dari persimpangan yang ditinjau dalam kondisi baik dan mampu menampung volume lalu lintas rata-rata per lengan yaitu 1635 smp/jam dengan kapasitas rata-rata 3113 smp/jam, yang kapasitas dasar 3400 smp/jam MKJI (1997) untuk simpang berlengan 4, jadi persimpangan tersebut dalam kondisi lancar walaupun ada kemacetan yang tidak signifikan, bila dilihat dari persentase peluang antrian rata-rata kendaraan antara 12 – 26 det/smp dengan total rata-rata DS keseluruhan lengan simpang 0.52 det/smp.
Ramadhan, M.A., 2014 [11] Analisis Arus Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus pada Simpang Jl. Untung Suropati – Jl. Ir. Sutami – Jl. Selamat Riyadi di Kota Samarinda) Metode MKJI 1997, Raff, HCM 1993 dan 2000	Hasil kedua kinerja persimpangan, DS > 1,00 dan <i>delay</i> rata-rata > 15 detik/smp dan QP 35%. Menunjukkan kedua kondisi persimpangan buruk. Nilai lag kritis persimpangan Untung Suropati 2.81 detik. Perilaku lalu lintas padat, potensi kapasitas belok kanan jalan minor di pendekatan timur 0,03% - 0,37%. Penyerapan kendaraan pergantian jalan minor sangat kecil sehingga terjadinya penumpukan kendaraan. Persimpangan Timoho, pada jalan minor sempit terjadi pada pendekatan timur. Kinerja persimpangan tidak layak sebagai simpang bersinyal, berdasarkan pengaturan grafik persimpangan yaitu dengan pengaturan prioritas persimpangan (bundaran) dan tidak dapat dipertahankan sebagai simpang tidak bersinyal.
Zulfhazli, 2014 [16] Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Tak Bersinyal (Studi Kasus Simpang Polantas Cunda dan Simpang Selat Malaka Kota)	Kinerja Simpang Polantas Cunda, pendekat A berada LoS E, nilai v/c 2.89 (nilai <i>error</i>), pendekat B pada LoS A, nilai v/c 0,29 dan pendekat C berada pada LoS E, nilai v/c 0,95; hal ini mengindikasikan pendekat B tanpa hambatan dengan

Lhokseumawe) Metode HCM 1993	volume rendah dan tanpa ada gangguan dari kendaraan, sedangkan pendekatan A dan C lalu lintas tidak stabil dan kendaraan mulai terhenti. Sedangkan kinerja Simpang Selat Malaka berada pada LoS A, nilai v/c 0,46 dan <i>delay</i> 7,1 detik, hal ini mengindikasikan lalu lintas relatif tidak terganggu dengan volume tinggi arus terbagi lurus dan belok kiri maupun belok kanan.
---------------------------------	--

3. Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan langkah awal permasalahan, kasus, gejala, fenomena atau lainnya dengan ilmiah untuk mendapatkan jalan yang rasional. Metode yang digunakan berdasarkan *highway capacity manual* (HCM) 1993 dan data pengamatan langsung untuk bahan analitis serta data pendukung dari beberapa instansi terkait.

3.1 Bagan Alir Penelitian

Suatu penelitian harus melalui beberapa tahapan yang memiliki keterkaitan sangat erat melalui dari tahapan awal sampai tahapan paling akhir. Melaksanakan penelitian secara efektif dan efisien, perlu mengetahui dan membuat bagan alir tahapan penelitian, yang disebut kerangka metodologi penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan Simpang Empat (Simpang Peut) Jeuram berada di Kecamatan Kuala Kabupaten Nagan Raya merupakan simpang tak bersinyal [4].

3.3 Kajian Penelitian

Kajian dalam penelitian tentang perencanaan ulang geometrik simpang tak bersinyal berdasarkan metode *highway capacity manual* 1993, untuk mengetahui kinerja persimpangan terhadap volume arus yang terjadi di empat lengan Simpang Empat Jeuram dan melihat selisih perbedaan hasil perhitungan kajian sekarang terhadap penelitian terdahulu.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dengan melakukan survey dilapangan dan mengumpulkan literatur

terkait maupun dari jurnal penelitian terdahulu sebagai pedoman acuan dasar. Data-data yang dikumpulkan:

1. Data primer yaitu data yang diperoleh pengamatan secara langsung, ada tiga data primer yaitu data volume arus, hambatan samping, dan bentuk *layout* geometrik jalan. Pengamatan selama 3 hari, yakni hari Kamis, Jum'at dan Sabtu selama 6 jam, terdiri 4 pos pengamatan, setiap pos 3 orang operator pengambilan data;
2. Data sekunder yaitu data-data diperoleh dari instansi terkait (*site plan* jaringan jalan www.google.co.id/maps/googleearth [12], dan data jumlah penduduk di akses dari <http://naganrayakab.bps.go.id>) [1].

3.5 Metode Pengolahan Data

Hal-hal yang perlu diperhatikan merencanakan kajian adalah besaran volume dan komposisi lalu lintas. Volume arus diamati menghitung kendaraan melewati simpang berdasarkan arah gerakannya, sehingga diketahui besarnya volume setiap kaki persimpangan. Komposisi aliran lalu lintas bervariasi menurut jenis dan arah gerakannya.

3.5.1 Volume lalu lintas

Data arus lalu lintas terdiri tiga jenis kendaraan *motor cycle* (MC), *light vehicle* (LV) dan *heavy vehicle* (HV). Data hasil survey setiap jenis kendaraan (kend/jam) selanjutnya dikonversi ke satuan mobil penumpang (smp atau *pcu/passengers car unit*) yang telah dikalikan nilai emp (ekivalen mobil penumpang) guna menyamakan tingkat penggunaan ruang keseluruhan jenis kendaraan.

3.5.2 Kapasitas

Jumlah maksimum kendaraan bermotor yang melintasi suatu penampang jalur atau jalan selama dalam satuan waktu tertentu dihitung berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas. Persamaan 1 yang digunakan perhitungan dan variabel *input* untuk kapasitas seperti diperlihatkan pada Tabel 3.

3.5.3 Hambatan samping

Aktivitas samping jalan pada setiap lengan persimpangan sangat menimbulkan konflik

dan berpengaruh terhadap pergerakan arus serta menurunkan kinerja persimpangan seperti pejalan kaki, kendaraan berhenti dan parkir, kendaraan bermotor yang masuk dan keluar, dan arus kendaraan lambat.

3.5.4 Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan dihitung berdasarkan hasil pembagian antara volume arus lalu lintas total dengan kapasitasnya dengan menggunakan Persamaan 2.

3.5.5 Perlambatan (*delay*)

Rata-rata perlambatan seluruh simpang (detik/smp) diperkirakan dari nilai faktor keterlambatan berbanding dengan derajat kejenuhan menggunakan Persamaan 3.

3.5.6 Panjang antrian (*queue probability*)

Probabilitas antrian QP% diperkirakan dari hubungan empiris antara probabilitas antrian QP% dan derajat kejenuhan (*degree of saturation/DS*), menggunakan Persamaan 4.

3.5.7 Tingkat pelayanan simpang (*level of service*)

Tingkat pelayanan ditentukan dalam skala interval atau karakteristik yang terdiri dari enam tingkat sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 4, berdasarkan hasil ukuran penilaian antara volume lalu lintas dengan kapasitas jalan.

3.5.8 Perbedaan selisih hasil kajian penelitian terdahulu dengan sekarang

Melihat perbandingan selisih hasil kajian penelitian terdahulu dengan sekarang, dengan metode yang berbeda (MKJI 1997 dan HCM 1993), namun lokasi penelitian yang sama yaitu pada simpang tak bersinyal Simpang Empat Jeuram Kecamatan Kuala Kabupaten Nagan Raya.

3.6 Metode Analisa Data

Data yang sudah dikumpulkan lebih lanjut di analisa menggunakan metode *highway capacity manual* (HCM) 1993 berdasarkan acuan dasar literatur terkait maupun pedoman yang telah ditetapkan. Tipe persimpangan pada Simpang Empat Jeuram adalah 424 (4 lengan simpang 2 lajur jalan minor dan 4 lajur jalan utama).

4. Hasil dan Pembahasan

Data arus lalu lintas terdiri tiga jenis kendaraan *motor cycle* (MC), *light vehicle* (LV) dan *heavy vehicle* (HV). Angka pembanding setiap jenis kendaraan berdasarkan *Highway Capacity Manual* 1993 dalam satuan mobil penumpang (pcu) khusus untuk simpang tak bersinyal:

1. Kendaraan ringan (LV) = 1,0
2. Kendaraan berat (HV) = 1,3
jika banyak truk-truk besar = 2,0.
3. Sepeda motor (MC) = 0,5
4. Kendaraan tak bermotor (UM) = 1.0
jika banyak *unmotorised* = 0,3.

4.1 Hasil

Hasil yang didapatkan, mengetahui kinerja simpang terhadap volume arus yang terjadi di empat lengan Simpang Empat Jeuram dan membedakan selisih hasil kajian sekarang terhadap penelitian terdahulu.

4.1.1 Volume lalu lintas

Berdasarkan hasil pengamatan arus selama tiga hari, yakni hari Kamis, Jum'at dan Sabtu per hari selama 6 jam mulai jam 07.00-09.00 WIB pagi, jam 12.00-14.00 WIB siang dan jam 16.00-18.00 WIB sore hari, terhadap volume arus yang terjadi pada tipe lengan 424.

Besaran hasil volume lalu lintas dari ke empat lengan sebesar 3.310 smp/jam dengan komposisi arus sebesar 2.789 smp/jam yang terjadi hari Kamis. Rincian besaran volume arus setiap lengan (minor maupun major) diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Besaran Volume Arus Lalu Lintas

Minor Road Q_{MI} (smp/jam)	Major Road Q_{MA} (smp/jam)	Left Turning Q_{LT} (smp/jam)	Straight Turning Q_{ST} (smp/jam)	Right Turning Q_{RT} (smp/jam)	Total Actual Flow Q_V (smp/jam)
1.182	2.128	1.250	770	1.289	3.310

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan banyak volume arus jalan minor (Jalan PLN dan Jalan Simpang Peut Jeuram/Beutong) 1.182 smp/jam dan jalan major (Jalan Meulaboh - Jalan Ujung Patihah atau sebaliknya) 2.128 smp/jam, sedangkan banyaknya kendaraan belok kiri 1.250 smp/jam dengan persentase

belok kiri 37.78%, kendaraan yang arah lurus 770 smp/jam (23.27%) dan belok kanan sebesar 1.289 smp/jam (38.95%), dengan total keseluruhan kendaraan melintasi 4 lengan simpang tersebut sebanyak 3.310 smp/jam.

4.1.2 Kapasitas

Berdasarkan hasil perhitungan, kapasitas yang terjadi sebesar 4.009 smp/jam dengan komposisi arus 2.789 smp/jam, jadi dapat disimpulkan kapasitas berada diatas volume arus lalu lintas dengan kata lain simpang tersebut dikategorikan tidak macet atau tidak jenuh. Apabila kemacetan terjadi dikarenakan, adanya hambatan samping sisi kiri dan kanan lengan simpang (adanya fasilitas warkop, pasar buah, rumah makan, ruko-ruko klontong, dan lain-lain) mampu menetralsir volume arus yang ada.

4.1.3 Hambatan samping

Berdasarkan hasil perekapan data hambatan samping terjadi hari Sabtu dengan total 1.328 kejadian hambatan samping (pejalan kaki, kendaraan parkir/berhenti, kendaraan keluar masuk dan kendaraan lambat) dengan kondisi daerah dalam kategori daerah niaga dan aktivitas pasar sisi jalan yang sangat tinggi, dengan skala kelas "sangat tinggi".

4.1.4 Derajat kejenuhan

Hasil derajat kejenuhan yang terjadi sebesar 0.70. Simpang tersebut disimpulkan kategori volume arus kendaraan tidak stabil dan kadang harus memperlambat kecepatan 43 km/jam, karena $0.70 < DS$ ($DS < 0.80 - 0.90$ ditetapkan HCM 1993 simpang dinyatakan tidak jenuh).

4.1.5 Perlambatan (*delay*)

Hasil perhitungan dari rata-rata perlambatan (*delay*) untuk seluruh lengan simpang sebesar 7.95 detik/smp, dengan kata lain perlambatan lebih kecil dari 15 detik ketetapan [5].

4.1.6 Panjang antrian (*queue probability*)

Berdasarkan hasil perhitungan panjang antrian yang terjadi batas atas sebesar 40% dan batas bawah 20%.

4.1.7 Tingkat pelayanan simpang (*level of service*)

Berdasarkan Tabel 4 dipadukan dengan Gambar 4, hasil yang didapatkan pada Simpang Empat Jeuram dalam kategori D dimana arus tidak stabil dan kadang harus memperlambat kecepatan 43 km/jam, karena *stop signs and give way (yield) signs* pada tingkat $25 < d \leq 35$.

4.1.8 Perbedaan selisih hasil kajian penelitian terdahulu dengan sekarang

Penelitian terdahulu dilakukan dengan metode manual kapasitas jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan sekarang menggunakan metode *highway capacity manual* (HCM) 1993. Adapun selisih hasil ke dua penelitian dituangkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Perbedaan Hasil Kajian Penelitian

Metode/ Tahun Penelitian	Volume Arus (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	DS	Tundaan (detik/smp)	Antrian (%)	LoS
MKJI 1997/2015 (Penelitian Terdahulu)	1.86	2554	0.73	12.04	43 - 22	D
HCM 1993/2018 (Penelitian Sekarang)	2.79	4009	0.7	7.95	40 - 20	D

Berdasarkan Tabel 7, menunjukkan hasil yang signifikan, karena peningkatan kendaraan terus meningkat dalam setiap tahunnya. Jika di persentasekan peningkatan volume arus kendaraan meningkat 75% dalam kurun waktu 3 tahun terakhir. Bila dilihat dari derajat kejenuhan dan persen peluang antrian dari dua penelitian tidak terlalu jauh selisihnya, perbedaannya adalah tundaan/perlambatan (*delay*), disebabkan banyak atau sedikitnya besaran volume arus lalu lintas dan daya tampung kapasitas jalan/persimpangan yang ada. Karena Simpang Empat Nagran Raya telah dilakukan perubahan simpang dan pelebaran jalan dari semula berbentuk tugu segi tiga, dan sekarang berbentuk tugu bulat/bundaran.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan pada simpang tak bersinyal Simpang Empat Jeuram, volume lalu lintas empat lengan simpang 3.310 smp/jam terjadi hari Kamis. Besaran volume

lalu lintas setiap lengan (jalan minor maupun major) menunjukkan jalan minor 1.182 smp/jam dan jalan major 2.128 smp/jam, sedangkan banyaknya kendaraan belok kiri 1.250 smp/jam, kendaraan lurus 770 smp/jam dan belok kanan 1.289 smp/jam, keseluruhan kendaraan melintasi simpang 3.310 smp/jam komposisi arus 2.789 smp/jam. Kapasitas 3.311 smp/jam. Kapasitas berada diatas volume arus dinyatakan simpang tidak macet atau tidak jenuh. Kemacetan terjadi karena, adanya hambatan samping sisi kiri dan kanan lengan Simpang Empat Jeuram dan mampu menetralsir volume arus yang ada.

Hasil hambatan samping terjadi hari Sabtu 1.328 kejadian hambatan samping, dengan skala kelas hambatan samping "sangat tinggi". Derajat kejenuhan yang terjadi sebesar $0.70 < DS$. Rata-rata *delay* seluruh lengan simpang 7.95 detik/smp. Panjang antrian batas atas 40% dan bawah 20%. Tingkat pelayanan simpang D.

Terkait penelitian terdahulu menunjukkan hasil signifikan, karena peningkatan kendaraan terus meningkat dalam setiap tahunnya. Bila di persentasekan peningkatan volume arus meningkat 75% dalam kurun waktu 3 tahun terakhir. Dilihat dari derajat kejenuhan dan persen peluang antrian dari ke dua penelitian tidak terlalu jauh selisihnya, perbedaannya di *delay*, disebabkan banyak atau sedikitnya besaran volume arus dan daya tampung jalan yang ada. Karena Simpang Empat Nagaran Raya telah dilakukan perubahan simpang dan pelebaran jalan dari berbentuk tugu segi tiga, dan sekarang bentuk tugu bulat /bundaran.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya penelitian, dari hasil perhitungan dan pembahasan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Besaran volume lalu lintas setiap lengan (jalan minor maupun major) menunjukkan jalan minor 1.182 smp/jam dan jalan major 2.128 smp/jam, sedangkan banyaknya kendaraan belok kiri 1.250 smp/jam, kendaraan arah lurus 770 smp/jam dan belok kanan 1.289 smp/jam, keseluruhan kendaraan melintasi simpang 3.310

smp/jam dengan komposisi arus kendaraan 2.789 smp/jam. Kapasitas simpang 4.009 smp/jam berada diatas volume arus lalu lintas yang ada;

2. Hambatan samping 1.328 kejadian, dengan skala kelas hambatan samping sangat tinggi. Derajat kejenuhan yang terjadi $0.70 < DS$. Rata-rata (*delay*) 7.95 detik/smp, dengan panjang antrian batas atas 40% dan bawah 20% dan tingkat pelayanan simpang D dikategorikan tidak jenuh;
3. Terkait penelitian terdahulu menunjukkan hasil yang signifikan, karena peningkatan volume arus kendaraan terus meningkat 75% dalam kurun waktu 3 tahun terakhir. Dilihat dari derajat kejenuhan dan persen peluang antrian ke dua penelitian tidak terlalu jauh selisihnya, menjadi perbedaan adalah *delay*, disebabkan oleh banyak atau sedikitnya volume arus dan daya tampung jalan. Karena Simpang Empat Nagaran Raya telah dilakukan perubahan simpang dan pelebaran dari berbentuk tugu segi tiga, dan sekarang bentuk tugu bulat/bundaran.

5.2 Saran

Kajian ulang perencanaan geometrik simpang tak bersinyal pada Simpang Empat Jeuram, beberapa saran masukan yang diberikan dari hasil penelitian adalah:

1. Berkenaan pengembangan penelitian dapat menjadi acuan dalam perencanaan simpang tak bersinyal (simpang lainnya) dan perbaikan prasarana simpang/jalan. Pengembangan penelitian dapat dilakukan dengan metode lain seperti Metode Raff (untuk analisis potensi *gap* dan *lag* kritis pada simpang tak bersinyal) atau Metode *Highway Capacity Manual* 2000;
2. Pengaturan simpang sangat diperlukan, kemacetan persimpangan sangat nyata terlihat (parkir/berhenti) kendaraan sembarangan, dan pihak instansi terkait masih kurang memperhatikan saat-saat jam puncak atau padat volume arus dan kurang tegas dalam menindak setiap pelanggaran lalu lintas yang ada.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada semua rekan dan mahasiswaku Supriadi yang telah banyak membantu, memberi saran masukan maupun pendapat. Sehingga, lahirlah sebuah karya ilmiah penelitian ini. Terima kasih juga kepada Kaprodi Teknik Sipil Ibu Lissa Opirina, ST., MT dan Bapak Dr. Ir. M. Isya, MT Dekan Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar yang telah mendukung dan mendorong giat terus dalam peningkatan publikasi penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik, 2017. Data Jumlah Penduduk Nagan Raya, akses dari <http://naganrayakab.bps.go.id>.
- [2] Bukhari, R.A., dkk, 2002. Rekayasa Lalu Lintas, Bidang Studi Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [3] Clarkson, H., dkk, 1988. Teknik Jalan Raya, Edisi Keempat, Erlangga.
- [4] Google, 2017, Peta Kabupaten Nagan Raya, diakses dari www.google.co.id pada tanggal 26 September 2017.
- [5] Highway Capacity Manual, 1993. Urban and Semi Urban Traffic Facilities, Directorate General of Highways Ministry of Public Works, Jakarta.
- [6] Jinca, M.Y., 2002. Dasar-dasar Transportasi, Bahan Ajar Pusdiklat Aparatur Perhubungan, Departemen Perhubungan, Jakarta.
- [7] Khisty, C.J., dan Lall B.K., 2005. Dasar-dasar Rekayasa Transportasi, Jilid 1 Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [8] Khisty, C.J., dan Lall, B.K., 2003. Dasar-dasar Rekayasa Transportasi, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [9] Morlok, E.K., 1995. Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi, Erlangga Jakarta.
- [10] Morlok, E.K., 1985. Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi, Terjemahan Johan Kelanaputra Hainim, Penerbit Erlangga, Anggota IKAPI, Jakarta.
- [11] Ramadhan, M.A., 2014. Analisis Arus Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus pada Simpang Jl. Untung Suropati – Jl. Ir. Sutami – Jl. Selamat Riyadi di Kota Samarinda), Kurva S Jurnal Mahasiswa Volume 4 Nomor 2, Karya Siswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, Kalimantan Timur.
- [12] Site Plan Jalan, di akses melalui www.google.co.id/maps/googleearth, 2017.
- [13] Sukirman, S., 1999. Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Penerbit Nova, Bandung.
- [14] Tamin, O.Z., 2003. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Edisi kedua, Penerbit ITB, Bandung.
- [15] Wahyuni, G., 2015. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus Simpang Peut Nagan Raya), Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar, Alue Peunyareng – Meulaboh, Aceh Barat.
- [16] Zulfhazli, 2014. Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Tak Bersinyal (Studi Kasus Simpang Polantas Cunda dan Simpang Selat Malaka Kota Lhokseumawe), Teras Jurnal Volume 4 Nomor 1, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh.