

Analisis Dampak Lalu Lintas Terhadap Pembangunan Utilitas Malioboro Pada Simpang Bersinyal Titik Nol Kilometer Yogyakarta

Analysis Of Traffic's Effect To The Construction Of Malioboro Utility At Titik Nol Kilometer Signalize Intersection

Nisful Fahim, Ir. Wahyu Widodo, M.T., Muchlisin, S.T, M.Sc.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Yogyakarta merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang memiliki aktivitas lalu lintas yang cukup kompleks dan aktivitas pada ruas jalan yang menyebabkan kemacetan. Kota Yogyakarta sendiri akan membangun salah satu sarana yaitu Utilitas di kawasan Malioboro yang akan mengakibatkan dampak terhadap kinerja lalu lintas pada saat konstruksi berlangsung khususnya pada Simpang Bersinyal Titik Nol Km, untuk menganalisis dampak dari pembangunan Utilitas Malioboro, maka perlu dilakukan evaluasi kinerja simpang sehingga pergerakan arus lalu lintas pada simpang menjadi lancar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja simpang Titik Nol Km pada kondisi eksisting, mengetahui kondisi lalu lintas simpang Titik Nol Km saat kegiatan pembangunan konstruksi berlangsung jika Jalan Senopati ditutup untuk semua jenis kendaraan dan memberikan rekomendasi untuk mengatasi masalah yang timbul akibat adanya pembangunan Utilitas Malioboro. Adapun hasil yang didapat dari analisis yang mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, pada kondisi eksisting diperoleh nilai tundaan sebesar 588,35 det/smp dengan tingkat pelayanan F. Pada kondisi dampak dari penutupan Jalan Senopati yaitu didapat nilai tundaan simpang rata-rata sebesar 38,45 det/smp dengan tingkat pelayanan D. Analisis kinerja operasi pada simpang Titik Nol Km dilakukan alternatif guna meningkatkan kinerja simpang. alternatif yang digunakan adalah dengan melakukan penggabungan antara perubahan fase yang awal mula dari 4 fase menjadi 2 fase saja dengan perancangan ulang waktu siklus dan didapat nilai tundaan simpang rata-rata sebesar 7,25 det/smp dengan tingkat pelayanan B. Berdasarkan alternatif yang telah dilakukan maka didapat solusi terbaik untuk meningkatkan kinerja pada simpang bersinyal Titik Nol Km.

Kata kunci : Dampak lalu lintas, Derajat Kejenuhan, MKJI 1997, Panjang Antrian, Simpang Bersinyal, Tundaan, Yogyakarta.

Abstract. Yogyakarta is one of big cities in Indonesia with high related-complex and traffic activities which trigger the crowd. Yogyakarta is going to be build a new medium namely Utility in Malioboro area which is believed would affect to the traffic's performance during its construction period specifically in Titik Nol KM signalize intersection, to analyze the effect of Malioboro Utility. Based on the problems appear on its intersection, it is necessary to be done an intersection's performance evaluation so the traffic activity remains fast. The aim of this study is to find out the performance Titik Nol KM intersection at exact condition, the condition of the intersection during the construction as if Jl. Senopati designed closed for vessels and recommendations to handle the appearing problem as an impact of Malioboro Utility construction. The gained results of analysis refers to the Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, at exact condition was gained postponed point at 588,35 det/smp with F service level. At the condition of Jl. Senopati closure was gained average postponed branch performance point at 38,45 det/ smp with D service level. Operation performance analysis in Titik Nol KM intersection was done alternatively in order to improve its performance. The applied alternative was done by combining the phase changing which contained by 4 phases at initial into 2 phases in final done by rearranging the time cycle and gained average of postponed point at 7,25 det/ smp with B service level. Based on the applied alterative, it is inferred the best solution to improve the performance specifically at signalize intersection Tiik Nol KM.

Key words: Line Length, MKJI 1997, Postponed, Saturation Degree, Signalize Intersection, Traffic Effects, Yogyakarta.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Pertambahan penduduk biasanya diikuti pula dengan bertambahnya kegiatan atau aktivitas yang dilakukan oleh semua lapisan masyarakat disetiap bidangnya. Kegiatan atau aktivitas masyarakat

mempunyai sarana dan prasarana untuk menunjang aktivitas yang dilakukan. Salah satu sarana atau transportasi yang digunakan adalah kendaraan bermotor atau transportasi umum, sedangkan prasarana yang dibutuhkan contohnya adalah halte bus, terminal, stasiun, atau bandar udara. Transportasi mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia, karena transportasi mempunyai pengaruh yang besar terhadap perorangan, masyarakat, pembangunan ekonomi, dan sosial politik.

Semakin majunya atau semakin besarnya suatu kota maka semakin tinggi juga tingkat aktivitas atau kegiatan dan semakin tinggi juga kebutuhan transportasi, contohnya saja kota Yogyakarta yang biasa disebut sebagai kota pelajar dan kota wisata. Setiap tahun angka pertumbuhan masyarakat semakin meningkat sehingga menyebabkan tingkat aktivitas di kota Yogyakarta ini menjadi tinggi, oleh karena itu banyak masalah transportasi yang timbul akibat tingginya tingkat aktivitas di Kota Yogyakarta, misalnya saja kemacetan di persimpangan jalan atau aktivitas di ruas jalan yang menyebabkan penurunan kecepatan laju kendaraan. Aktivitas di ruas jalan yang menyebabkan kemacetan atau penurunan laju kendaraan misalnya aktivitas perdagangan, pedestrian, adanya tempat wisata, pembangunan konstruksi, dan lain sebagainya.

Pada penelitian kali ini akan menganalisis dampak dari pembangunan Utilitas Malioboro pada Simpang Bersinyal Titik Nol KM pada kondisi arus lalu lintas. Berdasarkan kondisi kinerja lalu lintas saat ini relatif normal karena tidak adanya hambatan yang terjadi, sedangkan pada saat kegiatan konstruksi berlangsung mengalami hambatan lalu lintas akibat adanya pembangunan Utilitas Malioboro. Dari permasalahan yang terjadi maka perlu diadakannya penanganan khusus pada lalu lintas yang melewati Simpang Bersinyal Panembahan Senopati.

Rumusan Masalah

Dilihat dari latar belakang diatas, maka diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja simpang Titik Nol KM pada kondisi eksisting?
2. Bagaimana kondisi simpang Titik Nol KM jika Jalan Senopati ditutup untuk semua jenis kendaraan?
3. Bagaimana solusi yang dapat dilakukan untuk menangani masalah dari dampak pembangunan Utilitas Malioboro?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kinerja simpang Titik Nol Km pada kondisi eksisting
2. Untuk mengetahui kondisi lalu lintas simpang Titik Nol Km saat kegiatan konstruksi

berlangsung jika Jalan Senopati ditutup untuk semua jenis kendaraan

3. Memberikan rekomendasi mengatasi permasalahan yang timbul akibat adanya konstruksi Utilitas Malioboro.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kinerja lalu lintas simpang Titik Nol Km pada saat kondisi eksisting
2. Mengetahui keadaan lalu lintas pada simpang Titik Nol Km saat konstruksi pembangunan Utilitas Malioboro jika Jalan Senopati ditutup untuk semua jenis kendaraan
3. Memberikan solusi kepada pihak terkait misalnya Dinas Perhubungan dan Dinas Pekerjaan Umum apabila terjadinya kemacetan di simpang Titik Nol Km pada kondisi konstruksi berlangsung.

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian yang diamati hanya pada persimpangan Titik Nol Km
2. Data lalu lintas yang digunakan adalah data hasil survei lapangan dengan *traffic counting*, yang dilaksanakan pada hari Senin 23 Januari 2017 dan Sabtu 28 Januari 2017
3. Distribusi akibat pembangunan *underpass* berdasarkan hasil analisis dari Tugas Akhir Syurany (2017)
4. Penelitian hanya menganalisis dampak 4 (empat) jaringan jalan yaitu Simpang Bersinyal Titik Nol Km, Simpang Bersinyal Senopati, Simpang Bersinyal Brigjen Katamso dan Simpang Bersinyal Abu Bakar Ali.
5. Pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel*
6. Panduan yang digunakan adalah Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

Tinjauan Pustaka

Kemacetan pada jalan perkotaan maupun jalan luar kota merupakan permasalahan yang sering terjadi di Indonesia, untuk itu dilakukan perancangan dan perencanaan dengan metode efektif menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) melalui metode perhitungan perilaku lalu lintas yang benar agar menghasilkan model manajemen yang tepat bagi pembinaan jaringan jalan.

Pada penelitian yang dilakukan Paransa dan Elisabeth tahun 2015 dengan judul penelitian Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan 17 Agustus - Jalan Babe Palar Kota Manado menggunakan metode berdasarkan MKJI 1997, dan hasil yang didapat adalah pada kondisi eksisting dengan waktu siklus 152 detik ditandai dengan derajat kejenuhan rata-rata diantara 0,70 sampai 0,80, panjang antrian berkisar antara 60 meter sampai dengan 80 meter serta tundaan 60 smp/detik sampai dengan 75 smp/detik, pada kondisi

eksisting tersebut, peneliti mencoba menggunakan disain alternatif dengan mengurangi waktu siklus menjadi 113 detik dan hasilnya tidak menyebabkan kenaikan derajat kejenuhan simpang secara signifikan yaitu, nilai derajat kejenuhan rata rata dari 0,71 menjadi 0,73. Pengurangan waktu siklus juga mengurangi panjang antrian rata-rata simpang sebesar 16 meter dan mengurangi tundaan simpang rata rata sebesar 13,3 smp/detik.

Constanti, (2017) melakukan studi evaluasi kinerja simpang bersinyal jalan Ranu Grati – jalan Danau Toba Kota Malang dengan metode evaluasi mengacu pada MKJI 1997 mendapat hasil yaitu, pada kondisi eksisting derajat kejenuhan 1,18 dan ditandai panjang antrian 605 m dengan tundaan rata-rata 361,740 det/kend serta tingkat pelayanan F, adapun penulis melakukan 3 skenario perbaikan kinerja simpang dan melakukan perbandingan pengurangan atau penambahan nilai derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan rata-rata. Setelah melakukan perbandingan, solusi terbaik untuk mengatasi masalah terkait yaitu dengan menggunakan skenario optimasi waktu siklus dan pelebaran geometrik serta larangan belok kiri secara langsung pada pendekat barat dan timur karena menghasilkan nilai rata-rata derajat kejenuhan 0,80, Panjang antrian 91,22 m serta tundaan rata-rata 12,38 det/kend dengan tingkat pelayanan B.

Pada tahun 2013, Lumintang dkk, melakukan penelitian untuk mengetahui kinerja lalu lintas persimpangan lengan empat bersinyal di persimpangan jalan Walanda Maramis Manado dengan metode analisis menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), dari data yang dikumpulkan dan dianalisa, didapat hasil pada kondisi eksisting simpang 4 jalan Walanda Maramis Manado dengan nilai derajat kejenuhan (DS) maksimum untuk masing-masing pendekat yaitu pendekat Paal II sebesar 0,763, pendekat Pasar Kanaka sebesar 0,700, pendekat Titkala sebesar 0,700, dan pendekat Pusat Kota sebesar 0,720. Tundaan rata-rata persimpangan yaitu 59,92 det/kend, sehingga didapat level of service yaitu LOS E. Penelitian ini dilakukan sebatas untuk mengetahui kinerja lalu lintas tanpa memberikan solusi untuk melakukan perbaikan pada kinerja simpang empat jalan Walanda Maramis Manado.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Budiman dkk, tahun 2016 dengan judul penelitian Analisa Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Boru Kota Serang mendapat hasil pada kondisi eksisting, nilai tundaan rata-rata sebesar 30,96 det/smp yang menunjukkan tingkat pelayanan pada simpang Boru termasuk dalam tingkat pelayanan D, adapun peneliti menggunakan 5 alternatif untuk melakukan perbaikan pada kinerja simpang bersinyal pada simpang Boru Kota Serang diantaranya adalah dengan melakukan percobaan koordinasi lampu hijau untuk alternatif I, perubahan terhadap waktu siklus untuk alternatif II, Perubahan fase pada alternatif III, pelebaran geometri

pada alternatif IV, dan melakukan pelebaran geometri dan perubahan fase untuk alternatif V. Dari beberapa alternatif perbaikan yang sudah dicoba, maka diperoleh hasil alternatif V yang dapat meningkatkan kinerja simpang secara signifikan dari kondisi eksisting. Pada alternatif V didapat derajat kejenuhan pada semua pendekat $< 0,75$. Panjang antrian dalam kondisi eksisting sebesar 40,70 m berubah menjadi 15,71 m, dan tundaan rata-rata simpang turun menjadi 11,86 det/smp sehingga tingkat pelayanan pada simpang Boru Kota Serang berubah menjadi B.

Tahun 2013, Budiman dan Mardiyana melakukan analisis terhadap kinerja simpang bersinyal Kebon Jahe, Kota Serang, Banten menggunakan metode analisis berdasarkan pedoman Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan memperoleh hasil pada kondisi eksisting nilai tundaan rata-rata (D) dan derajat kejenuhan (DS) adalah 208,10 det/smp dan 1,17. Nilai ini melebihi batas yang sudah ditetapkan oleh MKJI 1997 untuk simpang bersinyal ($DS < 0,75$) maka dilakukan upaya percobaan perbaikan kinerja simpang menggunakan analisa penerapan alternatif yaitu pada alternatif I dilakukan uji coba pada perubahan waktu sinyal, alternatif II yaitu pelebaran geometri, alternatif III dengan menggabungkan perubahan waktu sinyal dan pelebaran geometri, dan alternatif IV yaitu perancangan bundaran dengan mengubah semua kondisi simpang dari simpang bersinyal ke bundaran tanpa sinyal. Dari uji coba alternatif yang sudah dilakukan, didapat hasil yang paling efektif untuk diimplementasikan yaitu dengan menggunakan alternatif IV perancangan bundaran pada simpang bersinyal Kebon Jahe, Kota Serang. Dari perbandingan nilai derajat kejenuhan simpang dengan perubahan dari simpang bersinyal menjadi bundaran tanpa sinyal menghasilkan derajat kejenuhan (DS) $< 0,75$ dan tundaan rata-rata 4,50 det/smp. Sehingga simpang tersebut dianggap mampu menampung arus lalu lintas yang lewat.

Prakoso dkk, (2018) melakukan penelitian untuk mengevaluasi kinerja simpang bersinyal Jalan Pahlawan – Raden Saleh Sarif Bustaman di Bogor, Jawa Barat berdasarkan variabel yang ditetapkan oleh Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 mendapatkan hasil, nilai tundaan lalu lintas pada kondisi eksisting sebesar 45 det/smp dengan tingkat pelayanan E sehingga diperlukan perbaikan pada kondisi eksisting simpang dengan memberikan dua skenario alternatif yang akan dianalisis dalam upaya peningkatan pelayanan simpang Jalan Pahlawan – Raden Saleh Sarif Bustaman. Skenario I adalah situasi dengan penambahan waktu hijau pada masing-masing APILL dengan asumsi arus lalu lintas sama dengan kondisi eksisting. Skenario II adalah kondisi perbaikan dari Skenario I dengan penambahan satu jalur atau diberikan pelebaran jalan pada masing-masing pendekat dengan waktu siklus APILL yang sama dengan kondisi skenario I. Dari percobaan perbaikan yang dilakukan maka Skenario II merupakan skenario alternatif terbaik

bagi simpang dengan penambahan jalur atau pelebaran jalan sehingga kapasitas simpang meningkat serta tundaan simpang rata-rata sebesar 9 det/smp. Penerapan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) berupa yellow box junction dapat mencegah antrian pada simpang, sehingga tingkat pelayanan dapat dipertahankan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Cahyono, tahun 2013 dengan judul Analisis Simpang Bersinyal Dengan Metode MKJI 1997 Studi Kasus Simpang Stadion Jombang. Dari analisis yang dilakukan, diketahui kinerja simpang bersinyal Stadion Jombang pada kondisi eksisting relatif stabil ($DS < 0,75$), sedangkan perilaku lalu-lintas pada simpang Stadion Jombang yang diindikasikan, lengan barat 45 m, lengan utara 13,33 m dan lengan selatan sebesar 40 m. Serta nilai tundaan rata-rata sebesar 11,95 det/smp. Penelitian yang dilakukan hanya menganalisis kinerja simpang Stadion Jombang pada kondisi eksisting dan tidak mencoba melakukan alternatif perbaikan pada simpang tersebut karena dianggap kinerja simpang bersinyal Stadion Jombang sudah memenuhi standar dari variabel – variabel yang ditetapkan oleh MKJI 1997.

Tahun 2016, Fadriani dan Ekawati melakukan penelitian untuk menganalisis tundaan pada simpang bersinyal Jl. Soekarno Hatta – Ibrahim Adjie Bandung berdasarkan parameter - parameter yang ditetapkan oleh Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Dari analisis yang sudah dilakukan diperoleh hasil pada kondisi eksisting simpang bersinyal Jl. Soekarno Hatta – Ibrahim Adjie Bandung, nilai tundaan rata-rata yang terjadi pada masing - masing pendekat yaitu sebesar 91,67 det/smp dengan tingkat pelayanan termasuk dalam kategori F karena tundaan rata-rata lebih besar dari 80 det/smp. Pada penelitian ini, peneliti hanya menganalisis kinerja pada kondisi eksisting simpang bersinyal Jl. Soekarno Hatta – Ibrahim Adjie Bandung tanpa melakukan percobaan perbaikan pada simpang tersebut.

Bahri dkk, (2013) Mengevaluasi kinerja simpang bersinyal pada jalan Danau Kota Bengkulu menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan memperoleh hasil yaitu pada kondisi asli, nilai derajat kejenuhan (DS) pada pendekat Jalan Danau 01 adalah sebesar 0,96 ($DS < 0,75$) dengan tingkat pelayanan (LOS) D, pada pendekat Jalan Zainul Arifin memiliki DS 1,42 dengan LOS F, pendekat Jalan Danau 02 memiliki DS 0,90 dengan LOS C, dan pendekat Jalan Jaya Wijaya memiliki DS 0,72 dengan LOS B. Dari hasil tersebut, peneliti melakukan optimasi sinyal lalu lintas melalui langkah perbaikan geometri yakni dengan melakukan pelebaran jalan pada semua lengan simpang, pembuatan marka jalan, dan garis penyebrangan. Dari langkah optimasi sinyal lalu lintas ini menghasilkan nilai derajat kejenuhan (DS) pada pendekat Jalan Danau 01 sebesar 0,75 dengan tingkat pelayanan (LOS) B, pendekat Jalan Zainul Arifin dengan DS 0,75 dan LOS C, pendekat Jalan Danau 02 dengan DS 0,75 dan LOS C, dan pada

pendekat Jalan Jaya Wijaya memiliki DS 0,72 dan LOS B.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Pratama, tahun 2017 dengan judul Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal APMD di Jalan Timoho Yogyakarta Menggunakan Metode MKJI 1997, diperoleh hasil pada kondisi eksisting menunjukkan hasil kurang baik. Arus lalu lintas tertinggi berada pada lengan utara yaitu sebesar 542 smp/jam dengan derajat kejenuhan (DS) adalah 0,98, dan tundaan (D) yang mencapai 106,7 det/smp. Untuk memperbaiki kinerja simpang bersinyal APMD, dibuat 3 alternatif perbaikan yaitu dengan pengaturan ulang waktu siklus lampu lalu lintas, penerapan jalan satu arah, dan perubahan 4 fase menjadi 3 fase menggunakan penerapan satu arah dari alternatif sebelumnya. Setelah melalui proses analisis, pemecahan masalah yang efektif untuk diimplementasikan pada simpang bersinyal APMD adalah alternatif 3 yaitu dengan merencanakan perubahan 4 fase menjadi 3 fase menggunakan penerapan satu arah dimana derajat kejenuhan (DS) menjadi 0,46 dan tundaannya menjadi 23,12 det/smp. Peneliti juga melakukan analisis untuk 5 tahun mendatang dengan hasil derajat kejenuhan (DS) 3 tahun pertama simpang APMD memenuhi persyaratan, namun pada 2 tahun kemudian nilai derajat kejenuhan pada lengan pendekat utara dan selatan telah melebihi persyaratan yang berpedoman pada MKJI 1997 yaitu pada tahun 2021 $DS = 0,87$ dan $0,78$ serta pada tahun 2022 $DS = 0,97$ dan $0,91$. Sedangkan tundaan (D) 2 tahun pertama masih pada batas stabil tingkat pelayanan, namun pada 3 tahun terakhir semua pendekat melebihi batas stabil yaitu tahun 2020 pendekat utara 25,45 det/smp, Barat 27,07 det/smp, Timur 25,83 det/smp, dan pada tahun 2021 pendekat Utara 30,27 det/smp, Selatan 28,96 det/smp, Barat 30,52 det/smp dan Timur 28,23 det/smp. Dan untuk tahun 2022 nilai tundaan pada lengan Utara 40,32 det/smp, Selatan 35 det/smp, Barat 41,70 det/smp, dan Timur 34,16 det/smp.

2. Landasan Teori

Transportasi

Tamin (1997), transportasi merupakan suatu sistem yang terdiri dari sarana, prasarana dan sistem yang memungkinkan adanya pergerakan keseluruhan wilayah sehingga terakomodasinya mobilitas penduduk, dimungkinkan adanya pergerakan barang dan akses keseluruh wilayah.

Simpang

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), simpang sebidang (*intersection at grade*) adalah simpang dimana dua jalan atau lebih bergabung dengan

tiap jalan mengarah keluar dari sebuah simpang dan membentuk bagian darinya

Simpang Bersinyal

Oglesby dan Hick (1982), simpang bersinyal adalah simpang yang dikendalikan oleh sinyal lalu lintas. Sinyal lalu lintas adalah semua peralatan pengatur lalu lintas yang menggunakan tenaga listrik, rambu dan marka jalan untuk mengarahkan atau memperingatkan pengendara kendaraan bermotor, pengendara sepeda, atau pejalan kaki.

Bangkitan Perjalanan

Muchlisin (2016) Kota Yogyakarta sebagai salah satu kunjungan wisata yang sangat potensial dan sebagai kota pendidikan yang terkemuka akan menjadi daya tarik bagi warga masyarakat di luar daerah untuk datang berkunjung. Kondisi ini pada akhirnya membawa konsekuensi terhadap tingginya permintaan akan hunian serta fasilitas lainnya.

Tarikan Perjalanan

Tamin (2010) dituliskan bahwa tarikan pergerakan adalah jumlah pergerakan yang tertarik menuju ke suatu zona atau tata guna lahan dan jumlah pergerakan yang tertarik.

Tingkat Pelayanan Simpang

Menurut Peraturan Menteri No 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, tingkat pelayanan simpang terbagi menjadi enam tingkat pelayanan yang dimulai dari tingkat pelayanan A sampai dengan F.

Tabel 3.1 Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat Pelayanan	Keterangan
A	Jika kondisi tundaan rata-rata ≥ 5 detik per kendaraan.
B	Jika kondisi tundaan rata-rata ≤ 5 detik sampai 15 detik per kendaraan.
C	Jika kondisi tundaan rata-rata ≤ 15 detik sampai 25 detik per kendaraan.
D	Jika kondisi tundaan ≤ 25 detik sampai 40 detik per kendaraan.
E	Jika kondisi tundaan ≤ 40 detik sampai 60 detik per kendaraan.
F	Jika kondisi tundaan ≤ 60 detik per kendaraan.

Sumber : Peraturan Menteri No. 96, Tahun 2015

Data lalu lintas dibagi dalam tipe kendaraan yaitu: kendaraan tidak bermotor (UM), sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Menurut manual kapasitas jalan Indonesia (MKJI: 1997) kendaraan tidak bermotor dikategorikan sebagai hambatan samping Untuk perhitungan arus lalu lintas digunakan satuan smp/jam yang dibagi dalam dua tipe yaitu; arus terlindung (*protected traffic flow*), dan arus berlawanan arah (*opposed traffic flow*), yang tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan. Nilai konversi ini diterangkan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Nilai Konversi smp

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

sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Kapasitas

Kapasitas simpang bersinyal (C) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.8) berikut:

$$C = S \times g/c$$

Nilai arus jenuh (S)

Arus jenuh adalah hasil perkalian dari arus jenuh dasar (So) untuk keadaan ideal dengan faktor penyesuaian untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya dalam satuan smp/jam hijau. Nilai S dapat dihitung dengan persamaan (3.1) berikut:

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

a. Arus Jenuh Dasar (So)

$$S_o = 600 \times W_e \text{ (smp/jam hijau)}$$

b. Faktor ukuran kota (Fuk)

Diketahui dengan menyesuaikan jumlah penduduk DIY sebesar 3,6 juta jiwa yang berdasarkan data dari BPS 2016.

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

Penduduk kota (juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)
$> 3,0$	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
$< 0,1$	0,82

Waktu Hijau (gi)

Waktu hijau merupakan waktu isyarat hijau sebagai izin berjalan bagi kendaraan pada setiap lengan simpang yang ditinjau. Waktu hijau dapat dihitung menggunakan persamaan (3.11) berikut:

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR$$

Derajat Kejenuhan (Ds)

Derajat kejenuhan (D_s) merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$D_s = Q/C$$

Panjang Antrian

Dari nilai derajat jenuh dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ_1) yang merupakan sisa dari fase hijau terdahulu didapat formula

Jika nilai $D_s > 0,5$ maka nilai

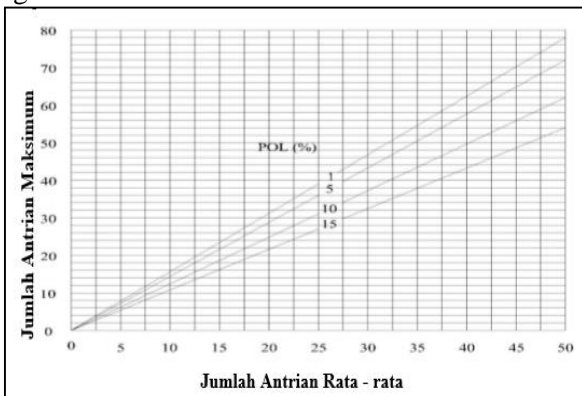
$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right]$$

Jika nilai $D_s \leq 0,5$ maka nilai $NQ_1 = 0$

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times ds} \times \frac{Q}{3600}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

Untuk menentukan NQ_{MAX} dapat dicari dari gambar dibawah ini, dengan menghubungkan nilai NQ dan *probabilitas overloading* P_{OL} (%), untuk perencanaan dan desain nilai $P_{OL} < 5\%$ sedangkan untuk operasional $P_{OL} 5 - 10\%$ maka ditetapkan nilai NQ_{MAX} dengan Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{max}) Dalam Smp
(sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Perhitungan panjang antrian (QL) didapat dari perkalian antara NQ_{Max} dengan rata-rata area yang ditempati tiap smp (20 m^2) dan dibagi lebar masuk (W_{masuk}) yang dirumuskan dibawah ini:

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}}$$

Tundaan

Tundaan pada suatu simpang terjadi karena dua hal, yaitu tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometrik (DG). Tundaan rata-rata untuk suatu

pendekat dihitung menggunakan persamaan (3.27) berikut :

$$D = DT + DG$$

Tundaan lalu lintas rata-rata (DT) pada suatu pendekat dapat ditentukan menggunakan persamaan (3.24) berikut :

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

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

Tundaan geometrik rata-rata pada suatu pendekat dapat dihitung menggunakan persamaan (3.26) berikut :

$$DG = (1 - \rho_{sv}) \times \rho_T \times 6 + (\rho_{sv} \times 4)$$

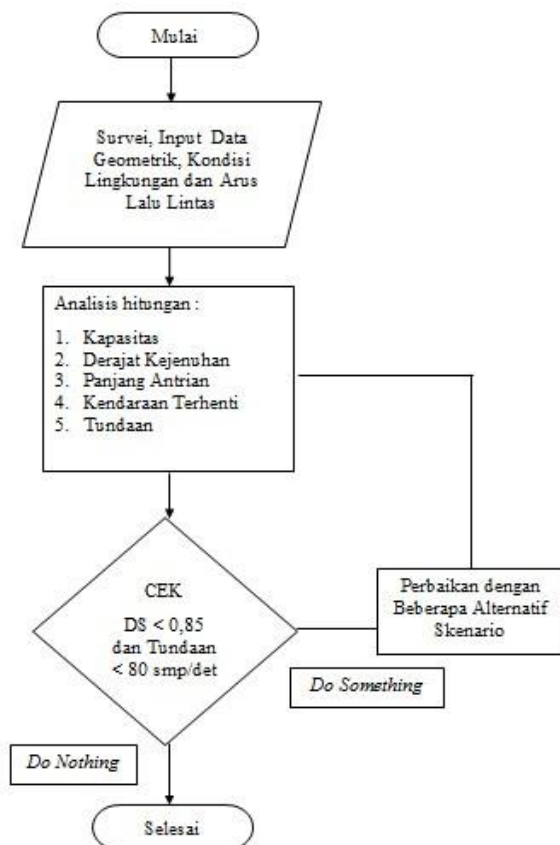
Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_1) didapat dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total dihitung berdasarkan formula berikut:

$$D_1 = \frac{\sum(Q \times D_j)}{Q_{tot}}$$

3. Metodologi Penelitian

Bagan Alir Analisis Data

Secara umum tahapan-tahapan dalam analisis data ini dijelaskan dengan bagan alir sebagai berikut:



Gambar 4.1 Bagan alir analisis data

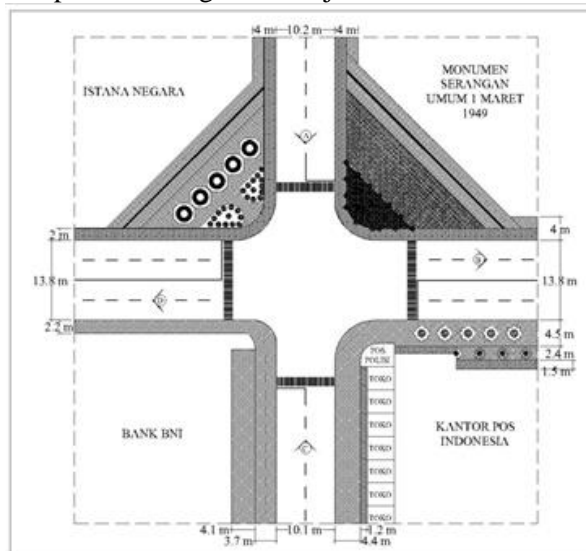
Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini yaitu pada simpang bersinyal 4 lengan jalan Titik Nol KM, Yogyakarta.



Gambar 4.2 Lokasi penelitian

Data geometrik jalan sesuai dengan hasil pengamatan visual kondisi sesungguhnya di lapangan. Adapun kondisi geometrik jalan di bawah ini:



Gambar 5.1 Sketsa Kondisi Jalan

Data Lingkungan Jalan

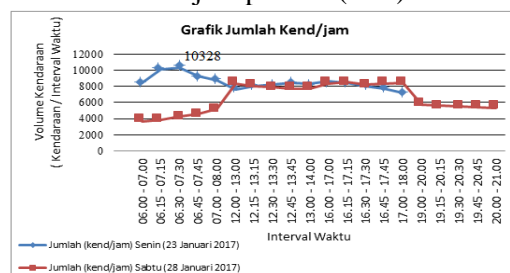
Berdasarkan hasil survei kondisi lingkungan simpang Titik Nol KM dilakukan dengan pengamatan visual. Dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut:

Tabel 5.1 Data lingkungan Jalan

Nama Jalan	Kondisi Lingkungan	Hambatan Samping	Median	Kelandaian (%)	LTOR
Jl. Malioboro (U)	Komersial	Sedang	-	-	Ada
Jl. Pangurukan Yogyakarta (S)	Komersial	Rendah	-	-	Ada
Jl. KH. Ahmad Dahlan (B)	Komersial	Rendah	-	-	-
Jl. Panembahan Senopati (T)	Komersial	Sedang	-	-	Ada

Data Lalu Lintas

1. Kondisi volume jam puncak (VJP)



Gambar 5.2 Grafik Jumlah Kendaraan per jam pada Lokasi Penelitian

2. Data Lalu Lintas Survei pada Jam Puncak
Tabel 5.2 Data Lalu Lintas Survei pada Jam Puncak

4. Analisis Dan Pembahasan

Kondisi geometrik dan lingkungan simpang

Interval	Lengan	Arah	Jenis Kendaraan (Kend/Jam)			
			HV	LV	MC	UM
Senin, 23 Januari 2017 Pukul 6.30 – 7.30 WIB	Timur	Kiri (Selatan)	1	59	512	10
		Lurus (Barat)	14	199	1225	17
		Kanan (Utara)	0	0	0	0
		Total	15	258	1737	27
	Selatan	Kiri (Barat)	3	175	1678	23
		Lurus (Utara)	0	0	0	0
		Kanan (Timur)	0	104	1078	15
		Total	3	279	2756	38
	Barat	Kiri (Utara)	0	0	0	0
		Lurus (Timur)	2	213	2487	33
		Kanan (Selatan)	3	29	197	6
		Chart Area	5	242	2684	39
	Utara	Kiri (Utara)	17	79	633	35
		Lurus (Timur)	1	56	682	29
		Kanan (Selatan)	33	88	586	35
Total		51	223	1901	99	

Nilai derajat jenuh untuk setiap lengan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan. Contoh perhitungan nilai derajat jenuh pada lengan utara dengan interval 06.30– 07.30 WIB adalah sebagai berikut :

$$DS = Q/C$$

$$= 462 / 256$$

$$= 1,808$$

Tabel 5.5 Derajat Jenuh (DS)

Interval	kode pendekat	Tipe Pendekat	Arus lalu lintas (Q)	Kapasitas	derajat Jenuh
				Smp/jam	
06.30 – 07.30	T (timur)	P	462	256	1,808
	S (selatan)	P	320	161	1,984
	B (barat)	P	713	604	1,181
	B-RT (Barat-RT)	P	72	213	0,340
	U (Utara)	P	194	258	0,752
	U-RT (Utara-RT)	P	209	390	0,536

Analisis Data

1. Arus jenuh (S)

Nilai arus jenuh ditentukan dengan menggunakan persamaan (3.1) berikut:

$$S = S_o \times f_{cs} \times f_{sf} \times f_g \times f_p \times f_{rt} \times f_{lt}$$

$$= 1830 \times 1,05 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1,10 \times 0,90$$

$$= 1790 \text{ smp/jam}$$

Tabel 5.3 Arus jenuh (S)

Interval	kode pendekat	Tipe Pendekat	Arus jenuh (S)
			Smp/jam
06.30 – 07.30	T (timur)	Terlindung (P)	1826
	S (selatan)	Terlindung (P)	1790
	B (barat)	Terlindung (P)	2322
	B-RT (Barat-RT)	Terlindung (P)	2237
	U (Utara)	Terlindung (P)	3031
	U-RT (Utara-RT)	Terlindung (P)	1859

2. Kapasitas (C)

Besarnya nilai kapasitas (C) tergantung pada arus jenuh dan rasio waktu hijau pada masing-masing pendekat, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.2) berikut:

$$C = S \times g / c$$

$$C = 1826 \times 28 / 200$$

$$C = 256 \text{ smp/jam}$$

Tabel 5.4 Kapasitas Simpang

Interval	kode pendekat	Tipe Pendekat	Arus jenuh (S)	Waktu hijau (g)	Waktu Siklus yang disesuaikan (c)	Kapasitas
			Smp/jam	Detik	Detik	Smp/jam
06.30 – 07.30	T (timur)	P	1826	28	200	256
	S (selatan)	P	1790	18		161
	B (barat)	P	2322	52		604
	B-RT (Barat-RT)	P	2237	19		213
	U (Utara)	P	3031	17		258
	U-RT (Utara-RT)	P	1859	42		390

3. Derajat Jenuh (DS)

4. Panjang antrian

Hasil dari nilai derajat jenuh (DS) digunakan untuk menghitung jumlah panjang antrian (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

Untuk nilai $DS > 0,5$

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

$$NQ_1 = 0,25 \times 256 \times [(1,808 - 1) + \sqrt{(1,808 - 1)^2 + \frac{8 \times (1,808 - 0,5)}{256}}]$$

$$= 104,9$$

Setelah didapat nilai NQ_1 kemudian menghitung jumlah antrian yang datang selama fase merah (NQ_2)

$$NQ_2 = C \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times ds} \times \frac{Q}{3600}$$

$$= 200 \times \frac{1 - 0,140}{1 - 0,140 \times 1,808} \times \frac{462}{3600}$$

$$= 29,6$$

Selanjutnya menghitung nilai NQ dengan menjumlahkan nilai NQ_1 dan NQ_2

$$NQ_{TOTAL} = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ_{TOTAL} = 104,9 + 29,6$$

$$NQ_{TOTAL} = 134,5$$

Nilai NQ_{MAX} didapat dari grafik pada Gambar 3.1 untuk menyesuaikan nilai NQ yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih.

Panjang antrian (QL) pada suatu pendekat adalah hasil perkalian jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau (NQ) dengan luas rata-rata yang digunakan per smp (20 m²) dan pembagian dengan lebar masuk, yang persamaannya dituliskan sebagai berikut:

$$QL = NQ_{MAX} \times (20 / w_e)$$

$$QL = 62 \times (20 / 3,81)$$

$$QL = 325 \text{ m}$$

Tabel 5.6 Panjang Antrian

Interval	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Jumlah Kendaraan Antri				Panjang Antrian QL
			NQ1	NQ2	NQ	NQ max	
06.30 – 07.30	T (timur)	P	104,9	29,6	134,5	62	325
	S (selatan)	P	80,7	19,7	100,4	62	407
	B (barat)	P	58,2	42,3	100,5	62	318
	B-RT (Barat-RT)	P	0,0	3,8	3,8	7	21
	U (Utara)	P	1,0	10,5	11,5	16	108
	U-RT (Utara-RT)	P	0,0	10,3	10,3	15	99

5. Tundaan

Contoh perhitungan analisis tundaan lalu lintas rata-rata (TL) pada interval 06.30 – 07.30 WIB pada lengan utara dapat dihitung dengan persamaan 3.20 dan persamaan 3.19 berikut :

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

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,140)^2}{(1 - 0,140 \times 1,808)} = 0,495$$

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

$$DT = 200 \times 0,495 + \frac{104,9 \times 3600}{256}$$

$$= 1576,2 \text{ det/smp}$$

Contoh perhitungan analisis tundaan geometrik rata-rata (DG) pada interval 06.30 – 07.30 WIB pada lengan selatan adalah sebagai berikut :

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

$$= (1 - 2,282) \times (0,26 \times 6) + (2,282 \times 4)$$

$$= 7,126 \text{ det/smp}$$

Contoh perhitungan analisis tundaan rata-rata (T) pada interval 06.30 – 07.30 WIB pada lengan selatan adalah sebagai berikut :

$$D = DT + DG$$

$$= 1576 + 7,126$$

$$= 1583,3 \text{ det/smp}$$

$$\text{Tundaan Total} = D \times Q$$

$$= 1583,3 \times 462$$

$$= 731791 \text{ det/smp}$$

Tabel 5.7 Tundaan Kendaraan

Interval	kode pendekat	Tipe Pendekat	Tundaan			
			Tundaan Lalu-lintas Rata-Rata	Tundaan Geometrik Rata-Rata	Tundaan Rata-Rata	Tundaan rata-rata simpang
06.30 - 07.30	T (timur)	P	1576,2	7,1	1583,3	588,35
	S (selatan)	P	1904,7	3,9	1908,6	
	B (barat)	P	425,8	4,7	430,5	
	B-RT (barat-RT)	P	84,6	3,4	88,0	
	U (utara)	P	103,2	4,0	107,2	
	U-RT (utara-RT)	P	70,3	3,2	73,5	

Pembahasan

Hasil analisa perhitungan menggunakan rumus Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 bahwa pada kondisi penutupan di Jalan Senopati yang dikarenakan adanya pembangunan Utilitas menunjukkan

perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan kondisi eksisting dikarenakan adanya perubahan fase yang semula 4 fase menjadi 3 fase seperti pada gambar 5.8 akibat penutupan jalan Senopati. Dari penutupan tersebut menyebabkan menurunnya derajat kejenuhan (DS) pada simpang bersinyal Titik Nol Km, dampak lalu lintas akibat penutupan Jalan Senopati tersebut dapat dilihat pada rincian dibawah ini:

a. Data Lalu Lintas Saat Penutupan Jalan Senopati

Kondisi data lalu lintas volume jam puncak pada simpang Titik Nol Km saat penutupan jalan Senopati sebagai berikut:

Tabel 5.8 Kondisi Data Lalu Lintas Saat Penutupan Jalan Senopati

Interval	Lengan	Arah	Jenis Kendaraan (Kend/Jam)			
			HV	LV	MC	UM
Senin 23 Januari 2017 Pukul 06.30 - 07.30 WIB	Timur	Kiri (Selatan)	0	0	0	0
		Lurus (Barat)	0	0	0	0
		Kanan (Utara)	0	0	0	0
		Total	0	0	0	0
	Barat	Kiri (Utara)	0	0	0	0
		Lurus (Timur)	0	0	0	0
		Kanan (Selatan)	5	243	2684	39
		Total	5	243	2684	39
	Selatan	Kiri (Barat)	3	279	2756	38
		Lurus (Utara)	0	0	0	0
		Kanan (Timur)	0	0	0	0
		Total	3	279	2756	38
	Utara	Kiri (Timur)	0	0	0	0
		Lurus (Selatan)	14	145	1236	64
		Kanan (Barat)	7	78	665	35
		Total	21	223	1901	99

b. Arus Jenuh

Tabel 5.9 Nilai Arus Jenuh

Interval	Kode Pendekat	Faktor-faktor Koreksi					Nilai dasar smp/jam hijau (So)	Arus Jenuh (smp/jam) (S)
		Fcs	Fsf	Fg	Fp	FRT		
06.30 - 07.30 WIB	S	1,05	0,94	1,00	1,00	1,00	0,84	2525
	B - RT	1,05	0,94	1,00	1,00	1,26	1,00	5174
	U	1,05	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	5912
	U - RT	1,05	0,92	1,00	1,00	1,26	1,00	2191

c. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

1) Kapasitas

Tabel 5.10 Kapasitas (C)

Interval	Kode Pendekat	Arus Jenuh (S)	Waktu Hijau (g)	Waktu Siklus yang Disesuaikan (c)	Kapasitas (C)
			Smp/jam	Detik	Smp/jam
06.30 - 07.30 WIB	S	2525	0	96	0
	B - RT	5174	19		1024
	U	5912	17		1047
	U - RT	2191	42		959

2) Derajat Kejenuhan

Tabel 5.11 Derajat Kejenuhan (DS)

Interval	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Arus Lalu Lintas (Q)	Kapasitas Smp/jam	Derajat Kejenuhan (DS)
06.30 – 07.30 WIB	S	P	0	0	-
	B – RT	P	786	1024	0,768
	U	P	410	1047	0,392
	U – RT	P	220	959	0,230

d. Panjang Antrian (QL)

Tabel 5.12 Panjang Antrian (QL)

Interval	Kode Pendekat	Jumlah Kendaraan Antri				Panjang Antrian (m)
		NQ1	NQ2	NQ	NQ max	QL
06.30 – 07.30 WIB	S	-	-	-	-	-
	B – RT	1,1	19,8	21,0	27	54
	U	0	9,7	9,7	14	41
	U – RT	0	3,7	3,7	7	46

e. Kendaraan Terhenti (NSV)

Tabel 5.13 Kendaraan Terhenti (NSV)

Interval	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam
06.30 – 07.30 WIB	S	P	-
	B – RT	P	708
	U	P	327
	U – RT	P	124

f. Tundaan

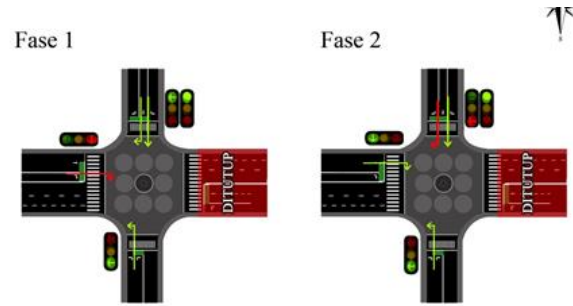
Tabel 5.14 Tundaan Kendaraan

Kode Pendekat	Tundaan					Tingkat Pelayanan
	Tundaan Lalu-lintas Rata-Rata (det/smp)	Tundaan Geometrik Rata-Rata (det/smp)	Tundaan Rata-Rata (det/smp)	Tundaan Total smp.det	Tundaan Rata-Rata Simpang (det/smp)	
S			0,0	0		D
B – RT	40,4	3,6	44,0	34622	38,45 (25,1 - 40,0)	
U	34,9	3,2	38,1	15642		
U – RT	16,9	2,3	19,1	4212		

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada kondisi penutupan didapat nilai derajat kejenuhan yaitu (DS < 0,85), dikarenakan tingkat pelayanan pada simpang bersinyal Titik Nol Km tergolong dalam kelas D (buruk). Maka, untuk meminimalisir nilai derajat kejenuhan, tundaan, dan meningkatkan tingkat pelayanan dibutuhkan alternatif sebagai berikut :

1. Alternatif (Perubahan Fase dan Perancangan Ulang Waktu Siklus)

Berdasarkan percobaan pada alternatif ini simpang bersinyal Titik Nol KM pada saat penutupan Jalan Senopati akan diberlakukan perubahan fase yang semula 4 fase akan dijadikan menjadi 2 fase saja, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5.3 Alternatif (Kondisi Fase 1 dan Fase 2)

a. Waktu Siklus dan Tipe Pendekat

Adapun waktu siklus dan tipe pendekat, diberlakukan alternatif perancangan ulang volume jam puncak (VIP) dan perubahan fase di Simpang Bersinyal Titik Nol Km pada saat penutupan jalan Senopati, menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\text{Waktu Hijau (gi)} = (\text{Cua} - \text{LTI}) \times \text{PRI}$$

$$\text{Waktu siklus yang disesuaikan (c)} = \sum \text{gi} + \text{LTI}$$

Dengan menggunakan persamaan diatas maka didapat waktu siklus dan tipe pendekat, akan tetapi pada simpang bersinyal Titik Nol Km, dari percobaan menggunakan persamaan waktu hijau (gi) terjadi trial and error, maka dilakukan perubahan waktu hijau (gi) dengan asumsi berdasarkan syarat dan ketentuan yang sudah ditetapkan pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 seperti pada tabel sebagai berikut :

Tabel 5.15 Waktu Siklus dan Tipe Pendekat

Lengan	Tipe Pendekat	Waktu (detik)			
		Hijau	Kuning	Merah	All Red
Fase 1	Utara	30	3	26	3
Fase 2	Barat	20	3	36	3
Waktu Siklus (detik)		62			

b. Arus Jenuh (S)

Tabel 5.16 Nilai Arus Jenuh Perubahan Fase

Interval	Kode Pendekat	Faktor-faktor Koreksi						Nilai dasar smp/jam hijau (So)	Arus Jenuh (smp/jam) (S)
		Fcs	Fsf	Fg	Fp	FRT	FLT		
06.0 – 07.30 WIB	S	1,05	0,94	1,00	1,00	1,00	0,84	3030	2525
	B	1,05	0,94	1,00	1,00	1,26	1,00	4140	5174
	U	1,05	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	3060	2933

c. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

1) Kapasitas (C)

Besarnya nilai Kapasitas (C) tergantung pada Arus Jenuh dan rasio waktu hijau pada masing-masing pendekat. Dalam perancangan ulang volume jam puncak, waktu hijau (gi) tidak menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$g_i = (\text{C}_{ua} - \text{LTI}) \times \text{PRI}$$

Dikarenakan waktu hijau (gi) sangat rendah yaitu 11 detik pada lengan barat dan 5 detik pada lengan utara

diakibatkan perubahan fase pada simpang bersinyal Titik Nol Km, dari hasil tersebut tidak memenuhi syarat untuk simpang yang memiliki 2 fase, maka dilakukan perubahan waktu hijau (gi) dengan asumsi berdasarkan syarat dan ketentuan yang sudah ditetapkan pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 yang bisa dilihat pada:

$$\begin{aligned}
 c &= \sum gi + LTI \\
 &= 50 + 12 \\
 &= 62 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.17 Kapasitas Simpang Perubahan Fase volume jam puncak

Interval	Kode Pendekat	Arus Jenuh (S)	Waktu Hijau (g)	Waktu Siklus yang Disesuaikan (c)	Kapasitas (C)
		Smp/jam	Detik	Detik	Smp/jam
06.0 – 07.30 WIB	S	2525	0	62	0
	B	5174	30		2504
	U	2933	20		946

d. Derajat Kejenuhan

Tabel 5.18 Derajat Kejenuhan Perubahan Fase volume jam puncak

Interval	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Arus Lalu Lintas (Q)	Kapasitas	Derajat Kejenuhan (DS)
				Smp/jam	
06.0 – 07.30 WIB	S	P	-	-	-
	B	P	786	2504	0,314
	U	P	220	946	0,233

e. Panjang Antrian (QL)

Tabel 5.191 Panjang Antrian (QL) Perubahan Fase volume jam puncak

Interval	Kode Pendekat	Jumlah Kendaraan Antri				Panjang Antrian (m)
		NQ1	NQ2	NQ	NQ max	QL
06.0 – 07.30 WIB	S	-	-	-	-	-
	B	0	8,2	8,2	12	48
	U	0	2,8	2,8	6	17

f. Kendaraan Terhenti (Nsv)

Tabel 5.20 Kendaraan Terhenti Perubahan Fase volume jam puncak

Interval	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam
06.0 – 07.30 WIB	S	P	-
	B	P	431
	U	P	145

g. Tundaan

Tabel 5.21 Tundaan Kendaraan untuk Perubahan Fase volume jam puncak

Kode Pendekat	Tundaan					Tingkat Pelayanan
	Tundaan Lalu-lintas Rata-Rata (det/smp)	Tundaan Geometrik Rata-Rata (det/smp)	Tundaan Rata-Rata (det/smp)	Tundaan Total smp.det	Tundaan Rata-Rata Simpang (det/smp)	
S	-	-	0,0	0	7,25 (5,10 - 15,0)	B
B	9,7	2,2	11,9	9380		
U	15,4	2,6	18,0	3965		

Berdasarkan hasil analisis pada alternatif perancangan ulang volume jam puncak (VJP) dan perubahan fase didapat nilai waktu hijau (gi) lengan barat 30 detik dan lengan Utara 20 detik serta perubahan fase yang semula 4 fase menjadi 2 fase, maka didapat nilai derajat kejenuhan (DS) dan tundaan rata-rata simpang menurun jika dibandingkan dengan kondisi dampak penutupan jalan Senopati.

Tabel 5.22 Perbandingan Kondisi Eksisting, Dampak Penutupan dan Alternatif Perancangan Ulang

Analisis	Lengan	Waktu Hijau	Arus Lalu Lintas	Kapasitas	Derajat Jenuh	Panjang Antrian	Tundaan rata-rata	Tundaan Simpang Rata-Rata	Tingkat Pelayanan Jalan
		(g)	(smp/jam)	(smp/jam)	(DS)	(m)	(det/smp)	(det/smp)	
		Q	C		QL				
Kondisi Eksisting	T	28	462	256	1,808	325	1583,3	506,91	F
	S	18	320	161	1,984	407	1908,6		
	B	52	713	604	1,181	318	430,5		
	B - RT	19	72	213	0,340	21	88,0		
	U	17	194	258	0,752	108	107,2		
	U - RT	42	209	390	0,536	99	74,3		
Dampak Penutupan Jalan Senopati	S	0	0	0	-	-	0,0	29,38	D
	B	19	786	1024	0,768	54	44,0		
	U	17	410	1047	0,392	41	38,1		
	U - RT	42	220	959	0,230	46	19,1		
Perancangan Ulang Volume Jam Puncak (VJP) dan Perubahan Fase	S	0	0	0	-	-	0,0	7,25	B
	B	30	786	2504	0,314	48	11,9		
	U	20	220	946	0,233	17	18,0		

Berdasarkan tabel perbandingan antara kondisi eksisting, Dampak pada saat penutupan jalan senopati terhadap simpang Titik Nol Km, serta perancangan ulang volume jam puncak (VJP) dan perubahan fase diatas, maka dengan melakukan percobaan alternatif gabungan antara perancangan ulang volume jam puncak dan perubahan fase didapat nilai derajat kejenuhan (DS) dan tundaan serta tingkat pelayanan yang baik (B) dan sudah memenuhi syarat dari MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) tahun 1997.

5. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja simpang pada simpang bersinyal Titik Non Km Yogyakarta berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, maka dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Faktor – faktor yang mempengaruhi kinerja simpang ini adalah kondisi geometrik, kondisi lingkungan, volume lalu lintas, arus lalu lintas, kapasitas simpang, derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan. Sehingga apabila volume lalu lintas tinggi sedangkan kapasitas simpang rendah maka akan berpengaruh pada nilai derajat kejenuhan menjadi tinggi dan mengakibatkan tundaan dan panjang antrian yang besar.
2. Hasil analisis lalu lintas pada simpang Titik Nol Km saat kondisi eksisting:
 1. Volume lalu lintas eksisting tertinggi pada simpang Titik Nol Km Yogyakarta terjadi pada jam kerja dengan jam puncak pagi pada interval jam 06.30 – 07.30 WIB dengan jumlah kendaraan sebesar 10.351 kendaraan/jam, nilai tundaan total sebesar 1691385 smp.det dan tundaan simpang rata-rata 588,35 det/smp sehingga tingkat pelayanan simpang pada kondisi jam puncak masuk dalam kategori F / Sangat buruk Sekali (> 60 detik/smp).
 2. Hasil analisis dan evaluasi pada kondisi eksisting menunjukkan kinerja operasi pada simpang kajian melebihi batas dari kondisi yang ditetapkan yaitu nilai derajat kejenuhan (DS) yang terjadi pada simpang bersinyal Titik Nol Km

Yogyakarta untuk lengan Timur, Selatan, Barat, Barat – RT, Utara dan Utara – RT adalah sebesar; 1,808; 1,984; 1,181; 0,340; 0,752 dan 0,536. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada lengan Timur, Selatan dan Barat (DS > 0,85), lengan Barat – RT (Belok Kanan), Utara dan Utara – RT (Belok Kanan) (DS < 0,85). Nilai panjang antrian (QL) masing-masing lengan untuk lengan Timur 325 meter, lengan Selatan 407 meter, lengan Barat 318 meter, lengan Barat – RT (Belok Kanan) 21 meter, lengan Utara 108 meter dan Lengan Utara – RT (Belok Kanan) 99 meter.

3. Hasil analisis dampak lalu lintas pada simpang Titik Nol Km saat kondisi penutupan Jalan Senopati:
 - a. Volume lalu lintas dampak penutupan Jalan Senopati pada simpang Titik Nol Km Yogyakarta terjadi pada jam kerja dengan jam puncak pagi pada interval jam 06.30 – 07.30 WIB dengan jumlah kendaraan sebesar 8291 kendaraan/jam, nilai tundaan total sebesar 54475 smp.det dan tundaan simpang rata-rata 38,45 det/smp sehingga tingkat pelayanan simpang pada kondisi jam puncak masuk dalam kategori D / buruk (> 25 detik/smp)
 - b. Hasil analisis dan evaluasi dampak penutupan Jalan Senopati menunjukkan kinerja operasi pada simpang kajian tidak melebihi batas dari kondisi yang ditetapkan, dikarenakan perubahan fase dari 4 fase menjadi 3 fase dan menyebabkan penurunan volume kendaraan akibat dari penutupan Jalan Panembahan Senopati yaitu nilai derajat kejenuhan (DS) yang terjadi pada simpang bersinyal Titik Nol Km Yogyakarta untuk lengan Selatan, Barat, Utara, dan Utara – RT (Belok Kanan) adalah sebesar; 0; 0,768; 0,392 dan 0,230. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada lengan Selatan, Barat, Utara dan Utara – RT (Belok Kanan) (DS < 0,85). Nilai panjang antrian (QL) masing-masing lengan

untuk lengan Selatan 0 meter, lengan Barat 54 meter, lengan Utara 41 meter dan Lengan Utara – RT (Belok Kanan) 46 meter.

4. Kinerja operasi pada simpang bersinyal Titik Nol Km Yogyakarta perlu diberikan alternatif solusi dan upaya perbaikan manajemen lalu lintas, dalam analisis ini digunakan 1 (satu) alternatif untuk meningkatkan kinerja simpang. Alternatif yang digunakan yaitu :
 - a. Perubahan fase saat kondisi penutupan Jalan Panembahan Senopati yang semula 4 fase diubah menjadi 2 fase dan Perancangan ulang volume jam puncak (VJP) dengan melakukan perubahan waktu hijau (gi) serta waktu siklus (c) yang disesuaikan, di dapat nilai derajat kejenuhan (DS) pada lengan Selatan, Barat dan Utara sebesar; 0; 0,314; dan 0,233. Nilai tundaan rata-rata pada lengan Selatan, Barat dan Utara, sebesar; 0; 11,9 dan 18,00 det/smp, pada lengan Selatan, Barat dan Utara mengalami penurunan. Nilai tundaan simpang rata-rata sebesar 7,25 smp/det sehingga tingkat pelayanan simpang pada kondisi jam puncak masuk dalam kategori B / baik (> 5,10 detik/smp), mengalami penurunan dari kondisi dampak penutupan Jalan Senopati.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Perlu segera dilakukan evaluasi kinerja simpang oleh instansi terkait mengingat kondisi simpang yang sangat padat dan terjadi tundaan yang sangat besar khususnya pada lengan Timur, Selatan dan Barat.
2. Perlu dilakukan survei lalu lintas yang lebih akurat dengan tidak hanya survei 1 hari kerja, seperti dilakukan dalam survei saat hari libur atau survei selama satu minggu penuh atau lebih, sehingga data lalu lintas yang didapatkan lebih merepresentasikan kondisi lalu lintas yang sebenarnya.
3. Dari percobaan, solusi terbaik yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan

perubahan fase dan perancangan ulang waktu siklus, dengan nilai tundaan simpang rata-rata sebesar 7,25 smp/det (tingkat pelayanan kategori B / baik).

DAFTAR PUSTAKA

- Amal, A. S., 2017, Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus Simpang Empat Taman Dayu Kabupaten Pasuruan), *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa*, 2(1), 1-9.
- Bahri S., Mawardi., dan Lestarida., 2013, Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Danau Kota Bengkulu, *Jurnal Ilmiah Bidang Sain-Teknologi Multi Disiplin dan Antar Disiplin*, 2(12), 32-39.
- Binamarga, 2005, Penanganan Tanah Ekspansif Untuk Konstruksi Jalan. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Bowoputro, H., Arifin, M. Z., Djakfa, L., Kusumaningrum, R., 2014, Kajian Arus Jenuh Pada Simpang Bersinyal di Kota Malang Bagian Selatan, *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(2), 152-157.
- BPS, 2019, Jumlah Penduduk menurut Kabupaten/Kota di D.I Yogyakarta (Jiwa) 2010-2019, <https://yogyakarta.bps.go.id/dynamictable/2017/08/02/32/jumlah-penduduk-menurut-kabupaten-kota-di-d-i-yogyakarta-jiwa-2010-2019.html>. (Diakses pada 24 Oktober 2019 pukul 01.45 WIB)
- Cahyono, I., 2013, Analisis Simpang Bersinyal Dengan Metode MKJI 1997 Studi Kasus Simpang Stadion Jombang, *Jurnal Intake*, 4 (1), 63-74.
- Dikun, S. dan Arief, D., 1993, *Strategi Pemecahan Masalah Luas Bangunan dan Lalu Lintas*, Universitas Taruma Negara Bekerja sama dengan Pemerintah DKI Jakarta. Jakarta.
- Djamal, I dan Abimanyu, U. 1993. *Pengaruh Pemanfaatan Gedung Tinggi terhadap Dampak Lalu Lintas*, Universitas Taruma Negara Bekerja sama dengan Pemerintah DKI Jakarta, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga, 2014, *Pedoman Kapasitas Jalan*

- Indonesia. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Felicia N. Z., 2016, *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Perkotaan di Yogyakarta, Studi Kasus Simpang Empat Bersinyal Jlagran Yogyakarta*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Fredlund, D., & Rahardjo, H. (1993). *Soils Mechanics For Unsaturated Soils*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Lumintang, G. Y. B., Timboeleng, J. A., Manoppo, M. R. E., 2013, Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Empat Bersinyal (Studi Kasus: Persimpangan Jalan Walanda Maramis Manado), *Jurnal Sipil Statik*, 1(3), 202-208.
- Madya, B., Achmad, W., dan Anwar, M. R., 2012, Analisis Dampak Perkembangan Terminal Tipe A Bayuangga Kota Probolinggo Terhadap Kinerja Lalu Lintas Disekitarnya. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 6(1), 30-41.
- Muchlisin, 2016, Analisis Tarikan dan Bangkitan Perjalanan Akibat Pembangunan Mix-Used Plan (Mix-used JogjaOne Park) dengan Metode Perbandingan, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 19(2), 98-105.
- Munawar, A., 2009, Analisis Dampak Lalu Lintas Pembangunan Pusat Perbelanjaan: Studi Kasus Plaza Ambarukmo, *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 1(1), 27-37.
- Mulizar, 2015, Optimasi Simpang Bersinyal Jalan Merdeka Kota Lhokseumawe, *Teras Jurnal*, 5(1), 32-42.
- Morlok, E. K., 1991, *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Murwono, D, 1999, *Perencanaan Lingkungan Transportasi*, Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nelson, J. D., Chao, K. C., Overton, D. D., & Nelson, E. J. (2015). *Foundation Engineering For Expansive Soil*. New Jersey: John Wiley & Son.
- Ismail, M. A., & Shahin, M. A. (2011). Finite Element Modelling of Innovative Shallow Foundation System of Reactive Soils. *International Journal Of Geomate*, 1(1), 78-82.
- Ismiani, N., 2013, *Analisis Simpang Bersinyal Di Simpang Ring Road UPN Sleman Yogyakarta*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sriharyani, L., dan Hadijah, I., 2017, Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Diponegoro Sudut Polres Kota Metro, *Tapak*, 7(1), 7-17.
- Oglesby, C.H., and Hick, R.G., 1982, *Highway Engineering*, 4th ed, Willey and Sons, New York.
- Paransa. M. J., dan Lintong, E., 2015, Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan 17 Agustus - Jalan Babe Palar Kota Manado, *Jurnal Sipil Statik*, 3(9), 621-630.
- Peraturan Menteri Nomor 96 Tahun 2015 tentang Transportasi Darat.
- Prakoso, B. D., Sutoyo, Sudiby, T., 2018, Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Pahlawan – Raden Saleh Sarif Bustaman di Bogor Jawa Barat, *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 3(1), 25-38.
- Subechi, W. A, 2006, *Analisis Dampak Lalu Lintas (ANDALALIN) Pada Pusat Perbelanjaan yang Telah Beroperasi Ditinjau Dari Tarikan Perjalanan (Studi Kasus Pada Pasific Mall Tegal)*, Tesis Magister, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Syahidin. 2005. *Analisis Dampak Lalu-Lintas Akibat Pengoperasian Mall Jogjatronik Yogyakarta*. Tesis Magister, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tamin, Z, O., Frazila, B. R., 1997. Perencanaan dan Permodelan Transportasi, *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 8(3), 34-52
- Tamin, Z, O., 2000, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi kedua, Penerbit ITB, Bandung.
- Warpani, S., 1990, *Merencanakan Sistem Perangkutan*. Penerbit ITB. Bandung.