

PENINGKATAN KINERJA SIMPANG TIDAK BERSINYAL DI KOTA BATU (STUDI KASUS : SIMPANG BENDO)

Improving The Performance Of Unsignalized Intersections In Batu City (Case Study : Bendo Intersection)

Ridy Agung Saputro¹, Masrono Yugihartiman, ATD, M.SC (ENG).², Ricko Yudhanta, ST, M.SC.³

Manajemen Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD
Jalan Raya Setu No. 58, Cibitung, Bekasi Jawa Barat 17520
E-mail: ridyagung46@gmail.com

ABSTRAK

Simpang Bendo merupakan simpang tidak bersinyal yang berada di Kota Batu yang memiliki tata guna lahan pada Lengan simpang mayor adalah perkantoran, permukiman dan pertokoan baik di Lengan utara maupun selatan. Sedangkan pada Lengan minor pada Jalan Dieng di sebelah timur memiliki tata guna lahan permukiman, perkebunan dan persawahan serta berhubungan langsung dengan batas kota dengan Kab. Malang. DS pada simpang Bendo sebesar 0,88, peluang antrian sebesar 31 - 61%, untuk tundaan pada simpang Bendo sebesar 25,14 detik/smp. Pada simpang Bendo dilakukan evaluasi mengenai kinerja dari simpang dengan menggunakan panduan perhitungan MKJI (1997). Hasil dari analisis menunjukkan usulan penyelesaian masalah terbaik adalah usulan 1 yaitu dengan melakukan pelebaran geometrik pada simpang, dari penerapan usulan ini didapatkan DS pada 0,83, serta tundaan simpang sebesar 14,93 det/smp. Penelitian ini menghasilkan saran yaitu dalam penerapan Usulan 1 ini harus diperlukan dukungan dari semua pihak terkait sehingga pemerintah Kota Batu dapat menerapkan Usulan ini guna menangani permasalahan pada Simpang Bendo.

Kata Kunci : Simpang Bendo, Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, Derajat Kejenuhan (DS) , Peluang Antrian, dan Tundaan

ABSTRACT

Simpang Bendo is an unsignalized intersection in Batu City which has land uses on the main intersection arm, namely offices, residential areas and shops in both the north and south arms. Meanwhile, the minor arm on Jalan Dieng to the east has residential land use, plantations and rice fields and is directly connected to the city boundary with the District. Poor. The DS at the Bendo intersection is 0.88, the chance of queuing is 31 - 61%, for the delay at the Bendo intersection is 25.14 seconds/smp. At the Bendo intersection, an evaluation of the performance of the intersection was carried out using the MKJI calculation guide (1997). The results of the analysis show that the best problem solving proposal is proposal 1, namely by carrying out geometric widening at the intersection. From implementing this proposal, DS is obtained at 0.83, and the intersection delay is 14.93 sec/pcu. This research produces a suggestion, namely that in implementing Proposal 1, support from all related parties must be needed so that the Batu City government can implement this proposal to deal with problems at Simpang Bendo.

Keywords: *Simpang Bendo, Indonesian Road Capacity Manual (MKJI) 1997, Degree of Saturation (DS), Chance of Queues, and Delays.*

PENDAHULUAN

Persimpangan merupakan bagian dari jaringan jalan antar ruas jalan dan salah satu titik konflik arus lalu lintas yang dapat menimbulkan kemacetan dan kecelakaan lalu lintas. Pertambahan jumlah kendaraan yang tidak diimbangi dengan perkembangan prasarana akan menimbulkan konflik pada jalan khususnya di persimpangan, baik itu bersinyal maupun tidak bersinyal. Meningkatnya kemacetan pada jalan di pusat perdagangan atau perkantoran maupun jalan di luar pusat perdagangan atau perkantoran yang diakibatkan oleh bertambahnya kepemilikan kendaraan, terbatasnya prasarana pendukung lalu lintas dan belum optimalnya pengoperasian persimpangan yang ada merupakan persoalan utama di Kota Batu.

Kota Batu memiliki luas wilayah sebesar 199,2 km² dengan jumlah penduduk dari data yang didapatkan pada tahun 2021 kepadatan Kota Batu berada pada angka 214.653 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2022). Kota Batu adalah sebuah Kota di Provinsi Jawa Timur, Indonesia yang terbentuk pada tahun 2001 sebagai pecahan dari Kabupaten Malang. Kondisi topografi yang bergunung-gunung dan berbukit-bukit menjadikan Kota Batu bersuhu udara rata-rata 15-19°C. Sebagian besar keadaan topografi Kota Batu didominasi kawasan dataran tinggi dan perbukitan yang berlembah-lembah yang terletak di lereng dua pegunungan besar, yaitu Arjuno-Welirang dan Butak-Kawi-Panderman. Dan simpang yang akan dikaji berada di Kecamatan Batu

Tata guna lahan pada Simpang Bendo adalah area permukiman, perkantoran serta pertokoan karena simpang ini menuju area wisata kearah utara, ke arah selatan menuju pusat kota dan ke arah timur menuju batas kota yang berbatasan dengan Kab. Malang dan juga radius tikung simpang yang tidak sesuai, Simpang ini juga mendapatkan perangkingan terburuk pada kajian Tim PKL Kota Batu 2023 oleh Taruna Politeknik Transportasi Darat Indonesia - STTD dengan kapasitas simpang 2578,75 smp/jam, nilai Derajat Kejenuhannya 0,88; Tundaan Simpang 25,14 det/smp; dan Peluang Antrian 31% - 61%.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data Primer

Metode utama pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data melalui pengamatan langsung di lapangan guna mendapatkan kinerja lalu lintas yang akurat di wilayah studi. Survei yang dilakukan adalah :

1. Survei Inventarisasi Simpang

Survei ini dilakukan untuk memperoleh data tentang panjang jalan, lebar dimensi jalan, serta kelengkapan prasarana fasilitas jalan seperti rambu, marka jalan, trotoar, fasilitas penyebrangan, median serta penerangan jalan dan kelengkapan lainnya pada simpang Bendo. Disamping itu juga untuk mengetahui tata guna lahan di sekitar Simpang Bendo yang berguna dalam analisis permasalahannya.

2. Survei Gerakan Membelok

Tujuan dari survei ini adalah untuk mengetahui volume lalu lintas di wilayah studi, menghitung 16 jam hitung untuk mengetahui jumlah kendaraan yang lewat dalam sehari, dan mendapatkan data volume lalu lintas pada jam sibuk dengan mengelompokkan kendaraan menurut masing-masing lengan simpang. Dilakukannya survei ini karena hambatan perjalanan terjadi sebagian besar di persimpangan yang disebabkan oleh persimpangan yang merupakan suatu sistem pembagian ruang. Kendaraan lain akan terhambat apabila adanya kendaraan yang memperoleh prioritas. Di atas segalanya, antara lalu lintas yang mengalir dan lalu lintas yang berlawanan arah, diperlukan prioritas untuk meminimalkan dan mengendalikan konflik yang ada.

Pengumpulan Data Primer

Metode pengumpulan data sekunder digunakan untuk memperoleh data sekunder melalui kunjungan instansi terkait, seperti Dinas Perhubungan Kota Batu, Dinas Pekerjaan Umum Kota Batu dan Bappeda Kota Batu. Berikut ini adalah target data sekunder :

1. Peta jaringan jalan, didapat dari Dinas Perhubungan dan Dinas PUPR (Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat)
2. Peta Tata Guna Lahan, didapat dari Bappeda (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah).

Gambar 1 *Bagan Alir Penelitian*



Analisis perhitungan kinerja simpang eksisting ini menggunakan metode dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).

Lokasi Penelitian

Simpang Bendo merupakan simpang yang terletak di Kelurahan Sidomulyo, Kecamatan Batu, Kota Batu. Tipe simpangnya 322 dan jenis pengendalian tidak bersinyal, simpang dengan 3 Lengan simpang pertemuan dari arah Pusat Kota di sebelah Selatan, arah Cagar di sebelah utara dan arah Kab. Malang di sebelah timur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Dasar

Tabel 1 *Lebar Pendekat Simpang Bendo*

Kode Pendekat	Nama Jalan	Tipe Jalan	Lebar Pendekat	Status
U	Jl. Bukit Berbunga	2/2 UD	4,1	Mayor
S	Jl. Brantas	2/2 UD	3,25	Mayor
T	Jl. Dieng	2/2 UD	2,95	Minor

Lebar pendekat rata-rata dari simpang Bendo adalah 3,43 m sehingga faktor penyesuaian untuk lebar pendekat rata-rata (F_w) adalah sebagai berikut :

Faktor Penyesuaian Median (Fm)

Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (Frsu)

Faktor Penyesuaian Belok Kiri (Flt)

Faktor penyesuaian belok kiri dihitung berdasarkan banyaknya kendaraan yang belok kiri dibandingkan total kendaraan total sesuai dengan rumus

$$Plt = \frac{lt}{Q} = \frac{812}{2.281} = 0,36$$

$$Flt = 0,84 + 1,61 (0,36) = 1,41$$

Faktor Penyesuaian Belok Kanan (Frt)

Faktor penyesuaian belok kanan dihitung berdasarkan banyaknya kendaraan yang belok kanan dibandingkan kendaraan total sesuai dengan rumus

$$Prt = \frac{rt}{Q} = \frac{500}{2.281} = 0,22$$

$$Frt = 1,09 - 0,922 (0,22) = 0,89$$

Faktor Penyesuaian Arus Minor (Fm)

Faktor penyesuaian arus minor didapatkan dari hasil berikut :

$$\text{rasio arus minor} = \frac{\text{volume arus minor}}{\text{volume arus minor} + \text{volume arus mayor}} = \frac{718}{2.281} = 0,31$$

Sesuai dengan MKJI 1997 penyesuaian arus minor tipe simpang 322 dengan rasio arus minor 0,1 – 0,5 maka rumus yang dipakai adalah :

$$Fmi = 1,19 \times 0,099 - 1,19 \times 0,315 + 1,19 = 0,93$$

Setelah semua faktor penyesuaian didapatkan, maka perhitungan kapasitas simpang adalah sebagai berikut :

$$C = Co \times Fw \times Fm \times Fcs \times Frsu \times Flt \times Frt \times Fmi$$

$$C = 2700 \times 0,99 \times 1 \times 0,88 \times 0,94 \times 1,41 \times 0,89 \times 0,93 = 2585,36 \text{ smp/jam}$$

Dengan perhitungan di atas, maka diperoleh kapasitas Simpang Bendo adalah 2.585,36 smp/jam.

Derajat Kejenuhan (DS)

$$DS = \frac{Q_{tot}}{C} = \frac{2.281}{2585,36} = 0,88$$

Peluang Antrian

Perhitungan peluang antrian dipengaruhi oleh derajat kejenuhan, sesuai dengan rumus III.16 yaitu sebagai berikut :

$$QP\% = 47,31 \times 0,88 - 24,68 \times 0,78 + 56,47 \times 0,69 = 61\%$$

$$QP\% = 9,02 \times 0,88 + 20,66 \times 0,78 + 10,49 \times 0,69 = 31\%$$

Tundaan

Perhitungan tundaan dilakukan untuk menilai kinerja simpang. Perhitungan tundaan menggunakan rumus karena DS pada simpang Bendo 0,88 maka :

1. Tundaan Lalu Lintas

$$\frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times DS)} - (1 - DS) \times 2$$

$$= 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times 0,88) - (1 - 0,88) \times 2$$

$$DTi = 21,05 \text{ det/smp}$$

2. Tundaan Geometrik

Karena $DS < 1$ maka ;

$$(1 - DS) \times (Pt \times 6 + (1 - Pt) \times 3) + DS \times 4 = (1 - 0,88) \times (0,58 \times 6 + (1 - 0,58) \times 3) + 0,88 \times 4$$

$$DG = 4,09 \text{ det/smp}$$

3. Tundaan Jalan Mayor

$$\frac{1.05034}{(0.346 - 0.246 \times DS)} - (1 - DS) \times 1,8$$

$$= 1.05034 / (0.346 - 0.246 \times 0,88) - (1 - 0,88) \times 1,8$$

$$DTma = 7,9 \text{ det/smp}$$

4. Tundaan Jalan Minor

$$(Q_{tot} \times DTi - Q_{ma} \times DTma) / Q_{mi} = (2.281 \times 21,27 - 1.563 \times 7,9) / 781 = 50,37 \text{ det/smp}$$

5. Tundaan Simpang

$$DT = DG + DTi = 4,09 + 21,27 = 25,36 \text{ det/smp}$$

Kesimpulan Kinerja Eksisting Simpang Kondisi saat ini simpang bendo memiliki kinerja sebagai berikut :

1. Derajat Kejenuhan (DS) = 0,88
2. Peluang Antrian (QP) = 31% - 61%
3. Tundaan Simpang (DT) = 25,14 det/smp

Tingkat Pelayanan Simpang Bendo kondisi saat ini berdasarkan PM 96 tahun 2015 adalah D.

Usulan Peningkatan Kinerja Simpang Bendo

Pelebaran Geometri

Perubahan geometri ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas simpang sehingga berdampak mengurangi panjang antrian dan tundaan kendaraan. Di bawah ini terlampir hasil data geometri awal dan hasil setelah dilakukan perubahan geometrik tersebut

Tabel 2 Lebar Pendekat Simpang Bendo (Pelebaran)

Kode Pendekat	Nama Jalan	Tipe Jalan	Lebar Pendekat Awal	Pelebaran	Status
U	Jl. Bukit Berbunga	2/2 UD	4,1	4,75	Mayor
S	Jl. Brantas	2/2 UD	3,25	4,5	Mayor
T	Jl. Dieng	2/2 UD	2,95	3,75	Minor

Perubahan lebar pendekat pada simpang bendo ini dengan memanfaatkan bahu jalan yang ada pada masing – masing lengan simpang dan juga drainase yang ada pada masing – masing lengan simpang sehingga berpengaruh pada kapasitas simpang yang terjadi.

Tabel 3 Perhitungan Kapasitas Simpang Bendo (Pelebaran)

Pilihan	Kapasitas Dasar Co smp/jam	Faktor penyesuaian kapasitas (F)							Kapasitas (C) smp/jam
		Lebar pendekat rata - rata	Median jalan utama	Ukuran Kota	Hambatan sampling	Belok kiri	Belok kanan	Rasio minor/total	
		Fw	Fm	Fcs	Frsu	Flt	Frt	Fmi	
	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	2700	1,06	1,00	0,88	0,94	1,41	0,89	0,93	2763,82

Setelah didapatkan kapasitas, maka melakukan perhitungan derajat kejenuhan, peluang antrian dan tundaan kendaraan :

Derajat Kejenuhan (Pelebaran)

$$DS = \frac{Q_{tot}}{C} = \frac{2.281}{2763,8} = 0,83$$

Peluang Antrian (Pelebaran)

$$QP\% = 47,31 \times 0,83 \times -24,68 \times 0,68 + 56,47 \times 0,56 = 54\%$$

$$QP\% = 9,02 \times 0,83 \times 20,66 \times 0,68 + 10,49 \times 0,56 = 27\%$$

Tundaan Simping (Pelebaran)

- a. Tundaan Lalu Lintas

$$1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2 = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times 0,83) - (1 - 0,83) \times 2$$

$$DTi = 10,80 \text{ det/smp}$$

- b. Tundaan Geometrik

$$DG = (1 - DS) \times (Pt \times 6 + (1 - Pt) \times 3) + DS \times 4 \\ = (1 - 0,83) \times (0,58 \times 6 + (1 - 0,58) \times 3) + 0,83 \times 4$$

$$DG = 4,13 \text{ det/smp}$$

- c. Tundaan Jalan mayor

Karena $DS > 0,6$ maka

$$1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8 \\ = 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times 0,83) - (1 - 0,83) \times 1,8$$

$$DTma = 7,0$$

- d. Tundaan Jalan Minor

$$\frac{(Q_{tot} \times DTi - Q_{ma} \times DTma)}{Q_{mi}} Q_{mi} = \frac{2.281 \times 10,80 - 1.563 \times 7,0}{781} = 19,02 \text{ det/smp}$$

- e. Tundaan Simping

$$DT = DG + DTi = 4,13 + 10,80 = 14,93 \text{ det/sm}$$

Kesimpulan Kinerja (Pelebaran) Kondisi simping Bendo jika setelah dilakukan pelebaran memiliki kinerja sebagai berikut :

1. Derajat Kejenuhan (DS) = 0,83
2. Peluang Antrian (QP) = 27% - 54%
3. Tundaan Simping (DT) = 14,93 det/smp

Tingkat Pelayanan Simping Bendo kondisi saat ini berdasarkan PM 96 tahun 2015 adalah B.

Pemasangan APILL

- Untuk Arus jalan minor :

Volume Jam Perencanaan = 718 smp/jam

Faktor K Karena jumlah penduduk Kota Batu di bawah 1 juta penduduk dan lokasi simping yang merupakan jalan – jalan pada daerah komersial maka nilainya 8% sehingga:

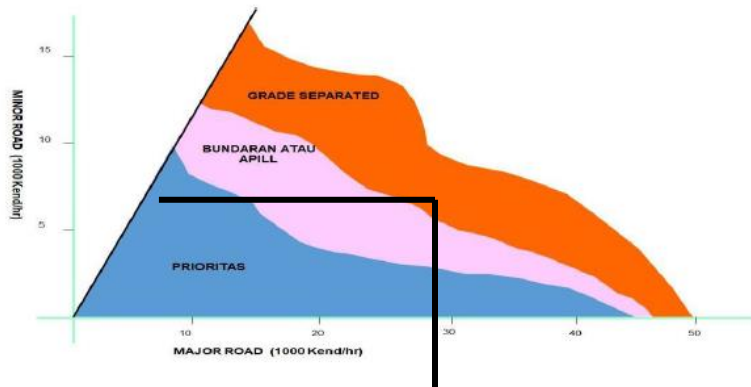
$$LHR = VJP/K = 718 / 0,08 = 8975 \text{ Kend/Hari}$$

- Untuk Arus Jalan Mayor

Volume Jam Perencanaan = 1.563 smp/jam Faktor K Karena jumlah penduduk Kota Batu di bawah 1 juta penduduk dan lokasi simping yang merupakan jalan – jalan pada daerah komersial maka nilainya 8% sehingga :

$$LHR = VJP/K = 1.563 / 0,08 = 17.367 \text{ Kend/Hari}$$

Gambar 3 Diagram Tipe Pengendalian Simpang



Pemasangan APILL 3 Fase dengan LTOR

Simpang bendo merupakan simpang dengan jenis pengendalian tidak bersinyal. Untuk usulan perbaikan maka usulan yang dilakukan dengan pemasangan APILL dengan 3 fase. Berikut merupakan perhitungan dari kondisi usulan simpang bendo.

karena menggunakan 3 fase semua Lengan simpang adalah terlindungi, maka rumus arus jenuh dasar adalah $S_o = 600 \times W_e$

Setelah faktor-faktor penyesuaian diketahui, maka arus jenuh yang disesuaikan (S) masing-masing kaki simpang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Untuk perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4 Arus Jenuh (S)

Kode Pendekat	Tipe Pendekat (P/O)	Arus Jenuh dasar (So)	Fcs	Fsf	Fg	Fp	FRT	FLT	S (smp/jam)
U	P	2.460	0,83	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1.940
S	P	1.950	0,83	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1.521
T	P	1.770	0,83	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1.381

1. Rasio Arus

Rasio arus didapatkan dari pembagian antara arus masing-masing pendekat yang dibagi dengan arus jenuh setelah penyesuaian menggunakan rumus dibawah berikut.

$$FR = Q/S$$

Tabel 5 Perhitungan Rasio Arus 3 Fase

Kode Pendekat	Tipe Pendekat (P/O)	Arus Lalu lintas Q (smp/jam)	S (smp/jam)	Rasio Arus (FR)
U	P	343	1.940	0,18
S	P	214	1.521	0,14
T	P	133	1.381	0,10

2. Waktu Siklus

Dalam perhitungan ini menggunakan metode MKJI dan menggunakan siklus usulan 3 fase. $LTI = 12$ detik (12 detik karena $IG = 4$ det/fase (Lebar 6-9 meter) Panjang waktu kuning pada lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya 3 detik (MKJI 1997), maka waktu merah semua adalah 1 detik.)

$$Cua = \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{(1 - IFR)} = \frac{(1,5 \times 12 + 5)}{(1 - 0,41)} = 39 \text{ Detik}$$

3. Waktu Hijau

Waktu hijau ditentukan melalui percobaan dalam perhitungan dan melihat faktor arus lalu lintas dan juga geometrik pada setiap pendekat.

Tabel 6 Waktu Hijau

Kode Pendekat	Rasio Fase (PRI)	Waktu Hijau (detik)
U	0,43	20
S	0,34	20
T	0,23	15

4. *Waktu Siklus setelah penyesuaian*

Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan ini berdasarkan pada waktu hijau yang diperoleh dan dibulatkan dan waktu hilang (LTI). Berikut perhitungan waktu siklus yang telah disesuaikan.

$$C = \Sigma g + LTI = 55 + 12 = 67 \text{ detik}$$

5. *Kapasitas (C)*

Kapasitas per Lengan simpang dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$C = s \times \frac{g}{c}$$

Untuk perhitungan kapasitas masing-masing pendekat dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 7 Perhitungan Nilai Kapasitas Tiap Lengan Pendekat

Kode Pendekat	Type Pendekat (P/O)	S (smp/jam)	Waktu Hijau (detik)	Waktu Siklus	Kapasitas C
U	P	1.940	20	67	579
S	P	1.521	20	67	454
T	P	1.381	15	67	309

Derajat Kejenuhan (DS)

Berikut merupakan perhitungan derajat kejenuhan dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$DS = Q/C$$

Tabel 8 Derajat Kejenuhan

Kode Pendekat	Type Pendekat (P/O)	Arus Lalu Lintas Q (smp/jam)	Kapasitas C	DS (Q/C)
U	P	343	579	0,59
S	P	214	454	0,47
T	P	133	309	0,43

Perhitungan Antrian dan Tundaan

1. *Panjang Antrian*

Jumlah panjang antrian total berdasarkan rumus adalah

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Dimana NQ1 menggunakan rumus :

$$NQ1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right]$$

Untuk perhitungan NQ1 dilihat pada tabel berikut :

Tabel 9 Jumlah Antrian smp sisa fase hijau sebelumnya (NQ1)

Kode Pendekat	Kapasitas C	DS (Q/C)	NQ1
---------------	-------------	----------	-----

	Tipe Pendekat (P/O)			
U	P	579	0,59	0,23
S	P	454	0,47	0
T	P	309	0,43	0

Kemudian untuk jumlah smp yang datang selama waktu merah dihitung menggunakan rumus: $NQ2 = C \times \frac{Q}{3600} \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS}$

Untuk Perhitungan NQ2 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 10 Jumlah Smp Yang Datang Selama Fase Merah (NQ2)

Kode Pendekat	Tipe Pendekat (P/O)	Rasio hijau GR = g/c	DS (Q/C)	Arus Lalu Lintas Q (smp/jam)	NQ2
U	P	0,30	0,59	343	3,19
S	P	0,30	0,47	214	1,91
T	P	0,22	0,43	133	1,25

Kemudian dapat dihitung jumlah rata rata antrian pada awal sinyal hijau menggunakan rumus : $NQtot = NQ1 + NQ2$

Untuk perhitungan NQtot dapat dilihat tabel berikut :

Tabel 11 Jumlah Rata-rata Kendaraan Antri

Kode Pendekat	NQ1	NQ2	NQtot
U	0,23	3,19	3,41
S	0	1,91	1,91
T	0	1,25	1,25

Kemudian panjang antrian dapat dihitung menggunakan rumus :

$$QL = NQtot \times \frac{20}{W_{masuk}}$$

Untuk perhitungan lebih lanjut terdapat pada tabel berikut :

Tabel 12 Perhitungan Panjang Antrian Kendaraan

Kode Pendekat	NQtot	Lebar masuk We	Panjang Antrian QL (m)
U	3,41	4,1	16,65
S	1,91	3,25	11,74
T	1,25	2,95	8,44

2. Tundaan

Perhitungan tundaan dilakukan untuk perhitungan tundaan lalu lintas dan tundaan geometri.

Tundaan lalu lintas dilakukan menggunakan rumus :

$$DT = C \times \frac{0,5 \times (1-0,483)^2}{(1-0,483) \times 0,49} + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

Tabel 13 Tundaan Lalu lintas (DT)

Kode Pendekat	DS (Q/C)	GR = g/c	Kapasitas C	NQ1	Waktu Siklus	DT det/smp
----------------------	-----------------	-----------------	--------------------	------------	---------------------	-------------------

U	0,59	0,30	579	0,23	67	21,43
S	0,47	0,30	454	0	67	19,19
T	0,43	0,22	309	0	67	22,33

Kemudian perhitungan dilanjutkan dengan perhitungan tundaan geometri pada simpang menggunakan rumus berikut :

$$D_{gj} = (1 - P_{sv}) \times P_t \times 6 + (P_{sv} \times 4)$$

Untuk perhitungan berikutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 14 Perhitungan Tundaan Geometrik

Kode Pendekat	DG
U	1,71
S	0,14
T	0,29

Kemudian dilakukan perhitungan tundaan total rata – rata dengan menjumlahkan tundaan geometrik dengan tundaan rata rata.

Tabel 15 Perhitungan Tundaan Rata-rata

Kode Pendekat	DT (det/smp)	DG (det/smp)	D (det/smp)
U	21,43	1,71	23,15
S	19,19	0,14	19,33
T	22,33	0,29	22,62

Berikut merupakan tundaan total simpang Bendo pada setiap pendekat :

Tabel 16 Tundaan Total

Kode Pendekat	Arus Lalu lintas Q (smp/jam)	D (det/smp)	Tundaan Total
U	343	23,15	7.939
S	214	19,33	4.141
T	133	22,62	3.009

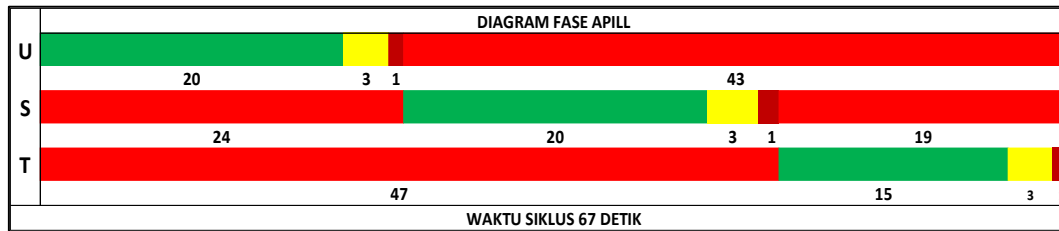
Pada usulan II simpang Bendo Menggunakan APILL dengan 3 fase sehingga kinerja yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Tabel 17 Kinerja Simpang Usulan II

Kode Pendekat	DS (Q/C)	Panjang Antrian QL	D (det/smp)	Tundaan Rata - Rata det/smp
U	0,59	16,65	23,15	21,86
S	0,47	11,74	19,33	
T	0,43	8,44	22,62	

Berikut merupakan fase lalu lintas simpang bendo :

Tabel 18 Fase lalu lintas Kondisi Usulan II



Pemasangan APILL dan Pelebaran Geometri

Untuk usulan ketiga dalam menyelesaikan permasalahan yang ada pada Simpang Bendo yaitu perubahan jenis pengendalian dan perubahan geometrik simpang. Usulan ini dilakukan dengan jenis pengendalian bersinyal 3 fase. Berikut merupakan perhitungan dari kondisi usulan simpang bendo. karena menggunakan 3 fase semua Lengan simpang adalah terlindung, maka rumus arus jenuh dasar adalah $S_o = 600 \times W_e$

Tabel 19 Arus Jenuh Dasar (S_o)

Kode Pendekat	Lebar Efektif (W_e)	S_o (smp/jam)	Tipe Pendekat
U	4,75	2850	Terlindung
S	4,5	2700	Terlindung
T	3,75	2250	Terlindung

Setelah faktor-faktor penyesuaian diketahui, maka arus jenuh yang disesuaikan (S) masing-masing kaki simpang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Untuk perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 20 Arus Jenuh (S)

Kode Pendekat	Tipe Pendekat (P/O)	Arus Jenuh dasar (S_o)	F_{cs}	F_{sf}	F_g	F_p	F_{RT}	F_{LT}	S (smp/jam)
U	P	2.850	0,83	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	2.247
S	P	2.700	0,83	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	2.107
T	P	2.250	0,83	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1.755

Kemudian setelah diketahui arus jenuh dari usulan ini maka dilanjutkan dengan perhitungan seperti usulan sebelumnya yang sesuai dengan MKJI 1997. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

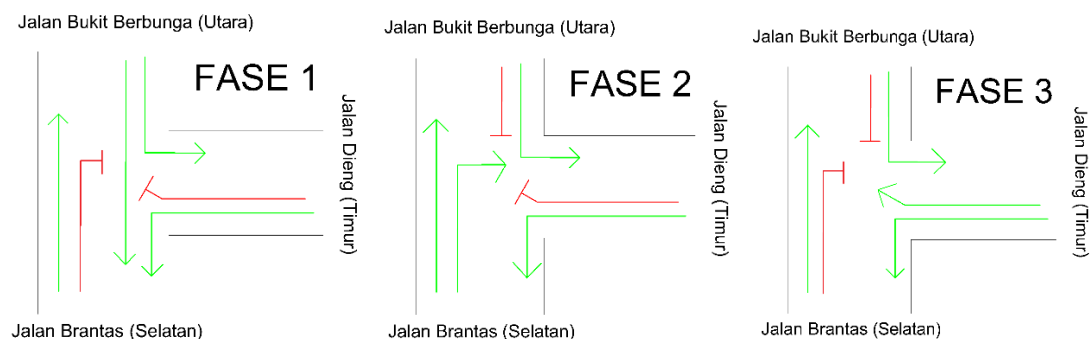
Tabel 21 Hasil Perhitungan Usulan ke 3

Kode Pendekat	DS (Q/C)	Panjang Antrian QL	D (det/smp)	Tundaan Rata - Rata det/smp
U	0,51	11,50	21,05	19,51
S	0,34	6,02	17,46	
T	0,34	4,38	18,82	

DIAGRAM FASE APILL	
U	
S	
T	
WAKTU SIKLUS 67 DETIK	

Setelah dilakukan perubahan jenis pengendalian menjadi bersinyal, rencana pengoperasian arus fase juga harus dilakukan guna untuk mengatur agar dengan perubahan jenis pengendalian bersinyal ini efektif dan dapat mengurangi titik konflik pada simpang. Berikut rencana pengoperasian untuk setiap pendekat:

- Berikut merupakan rencana pengoperasian arus setiap fase pada simpang bendo:



Berdasarkan hasil analisis, berikut adalah perbandingan kinerja simpang Bendo eksisting dengan kinerja usulan :

Perbandingan	Pendekat	DS	Panjang Antrian (m)	Tundaan (det/smp)	Tingkat Pelayanan
Kondisi Eksisting		0,88	31 – 61 %	25,14	D
Usulan 1 (Perubahan Geometrik)		0,83	27 – 54 %	14,93	B
Usulan 2 (Penerapan 3 Fase APILL)	Utara	0,59	16,65	21,86	C
	Selatan	0,47	11,74		
	Timur	0,43	8,44		

Rekomendasi 3 (Perubahan Geometrik dan 3 Fase APILL)	Utara	0,51	11,50	19,51	C
	Selatan	0,34	6,02		
	Timur	0,34	4,38		

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kinerja yang telah dilakukan maka terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan kesimpulan.

- Setelah mengetahui kinerja kondisi saat ini dan jenis pengendalian persimpangan berdasarkan grafik penentuan pengaturan simpang bahwa pada simpang Bendo tidak sesuai dengan kondisi saat ini. maka persimpangan dapat diatur ulang untuk mencari kinerja terbaik dengan usulan penentuan sebagai berikut :
 - Usulan 1
Pelebaran jalan pada tiap mulut simpang, Timur menjadi 3,75 m, Utara menjadi 4,75 m dan Selatan menjadi 4,5 m. Berdasarkan penerapan usulan 1 didapatkan Derajat Kejenuhan (DS) 0,83, Peluang antrian min 27%, serta tundaan 14,93 det/smp. Tingkat pelayanan simpang adalah B.
 - Usulan 2
Perubahan ke simpang bersinyal 3 Fase dengan penerapan LTOR (Left Turn On Red). Dari penerapan usulan ini didapatkan rata rata derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,50 serta tundaan simpang sebesar 21,86 det/smp. Tingkat pelayanan simpang ini setelah diterapkan usulan 2 adalah C.
 - Usulan 3
Pelebaran jalan pada tiap kaki pendekat simpang dan juga penerapan simpang bersinyal sistem 3 fase dengan sistem LTOR. pada usulan 3 ini didapatkan rata – rata nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,40 dan tundaan simpang sebesar 19,51 det/smp dengan tingkat pelayanan C.
- Setelah dilakukan analisa perhitungan dengan 3 usulan didapatkan usulan terbaik terhadap simpang Bendo yaitu usulan 1. Dilihat dari dari derajat kejenuhan dan tundaan yang mengalami peningkatan lebih baik dari pada kondisi eksisting namun dengan titik konflik tidak terjadi pengurangan dari kondisi eksisting
- Setelah dilakukan analisa perhitungan dengan 3 usulan yang diberikan. usulan dibagi menjadi 2 yaitu jangka panjang dan jangka pendek, dimana untuk jangka panjang dapat dilakukan dengan melakukan perubahan geometrik pada tiap kaki pendekat simpang guna meningkatkan kapasitas simpang Bendo dikarenakan pertumbuhan arus lalu lintas yang terus meningkat. untuk jangka pendek yaitu dapat dipasangkan APILL dengan sistem 3 fase dengan sistem LTOR (Left Turn guna mengurangi konflik lalu lintas pada simpang.

SARAN

Setelah dilakukan analisis kondisi eksisting dan kondisi usulan dari simpang Bendo, maka terdapat beberapa saran yang dapat diusulkan.

- Perubahan tipe pengendali simpang Bendo dari simpang tidak bersinyal dilakukan perubahan menjadi simpang bersinyal yang ditentukan berdasarkan grafik penentuan pengendalian persimpangan.
- Perlunya peningkatan kinerja simpang yang semula tidak optimal agar lebih baik berdasarkan indikator tingkat kinerja persimpangan. Untuk melakukan peningkatan pelayanan pada Simpang Bendo maka diperlukan manajemen rekayasa lalu lintas.
- Pertumbuhan arus lalu lintas yang terus meningkat tiap tahunnya menjadikan kapasitas simpang tidak sesuai dengan arus lalu lintas yang lewat, dengan begitu dapat dilakukan usulan jangka panjang yaitu dengan menerapkan usulan I yaitu pelebaran geometrik jalan

pada tiap kaki pendekat simpang serta untuk mengurangi titik konflik dapat digunakan rekomendasi usulan ke III.

4. Maka dari itu perlu dilakukan evaluasi dan upaya peningkatan kinerja persimpangan secara periodik, hal ini untuk mengantisipasi terjadinya peningkatan volume arus lalu lintas sehingga pengaturan APILL dan kinerja simpang dapat sesuai dengan kondisi yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. (2009). *Undang-undang Republik Indonesia nomor 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan*.
- _____. (2009). Nomor 32 Tahun 2011 tentang Manajemen dan Rekayasa, Analisis Dampak, serta Manajemen Kebutuhan Lalu Lintas. *Pemerintah Republik Indonesia*.
- _____. (2015). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015. Jakarta; Kementerian Perhubungan
- _____. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta; Bina Marga
- Badan Pusat Statistik. 2021. Kota Batu Dalam Angka. Kota Batu
- Morlok, Edward K. 1988. Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi. Jakarta : Erlangga.
- Bawangun, V., Sendow, T. K., & Elisabeth, L. (2015). Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Untuk Simpang Jalan WR Supratman dan Jalan BW Lapian di Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 3(6).
- Della, R. H. (2023). BAB 3 TEKNIK DALAM SURVEY LALU LINTAS. *Rekayasa Lalu Lintas*, 33.
- Herianto, J. (2004). *Perencanaan Persimpangan Tidak Sebidang Pada Jalan Raya*.
- Iqbal, I., Sugiarto, S., & Isya, M. (2017). Kinerja Dan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal Pada Simpang Remi Kota Langsa. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 67–74.
- Robby, R. D. P. (2020). Peran Satuan Lalu Lintas Dalam Mengatasi Kemacetan Melalui Manajemen Rekayasa Lalu Lintas. *Advances in Police Science Research Journal*, 4(8).
- Wahabi, F., Ramdani, F., & Wicaksono, S. A. (2018). Pengembangan Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lokasi Kecelakaan Berbasis WebGIS (Studi Kasus: Daerah Operasional Polres Kota Batu). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(9), 2990–2999.
- ALDYANTARA GILANG MUHAMMAD SYAMSI, G. (2022). PENINGKATAN KINERJA SIMPANG TIDAK BERSINYAL SIMPANG SEPUTIH JAYA KABUPATEN LAMPUNG TENGAH. *PENINGKATAN KINERJA SIMPANG TIDAK BERSINYAL SIMPANG SEPUTIH JAYA KABUPATEN LAMPUNG TENGAH*.