

PERENCANAAN DAN KINERJA BUNARAN BERDASARKAN METODE MKJI 1997 DAN *SIDRA INTERSECTION V5.1*

John H. Frans¹ (johnhendrikfrans@gmail.com)

Tri M.W. Sir² (trimwsir@yahoo.com)

Charly L. Oematan³ (charly_leonardo@rocketmail.com)

ABSTRAK

Persimpangan di depan gerbang masuk Kampus Universitas Nusa Cendana (UNDANA) merupakan simpang tak-bersinyal dengan arus cukup tinggi yang dapat menyebabkan banyak permasalahan pada area ini. Dari permasalahan yang ada akan dibuatkan suatu penelitian penanganan simpang menggunakan bundaran, karena memberikan beberapa manfaat yang dapat mengatasi permasalahan yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain geometri bundaran menggunakan Pedoman Teknis No.20 Tahun 2004-B. Untuk proses evaluasi kinerja bundaran hasil desain, metode yang digunakan adalah Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) yang merupakan metode dari Indonesia dan *SIDRA INTERSECTION v5.1* yang merupakan metode komputasi yang dibuat oleh Australia. Kedua metode ini kemudian dibandingkan hasil analisisnya untuk parameter tundaan rata-rata, derajat kejenuhan, dan peluang antrian. Hasil evaluasi pada tahun 2017 menggunakan MKJI 1997 didapat derajat kejenuhan pada bundaran yaitu 0,62, sementara untuk *SIDRA INTERSECTION* didapat 0,68. Derajat kejenuhan kedua metode ini masih dalam persyaratan derajat kejenuhan dibawah 0,85 sehingga kondisi arus lalu-lintas dalam bundaran stabil dan dapat dijadikan rekomendasi penanganan simpang. Hasil evaluasi pada akhir umur rencana di tahun 2027 menggunakan MKJI 1997 didapat nilai derajat kejenuhan pada bundaran yaitu 1,00, sementara untuk *SIDRA INTERSECTION* didapat 1,22. Evaluasi bundaran menggunakan MKJI 1997 terlihat memiliki derajat kejenuhan yang lebih kecil dari *SIDRA INTERSECTION*.

Kata kunci : MKJI; *SIDRA INTERSECTION*; Derajat Kejenuhan; Tundaan; Antrian.

ABSTRACT

*The intersection in front of UNDANA is un-signalized intersection with large of Traffic flow. This situation can cause troubles like amount of conflict arise etc. Based on the existing situation, a research to overcoming problem will be made using Traffic Roundabout. At this point, Roundabout can reduce the traffict conflict at an intersection besides with other benefits it can caused. For evaluating the performance of roundabout design, the methods used is Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) and *SIDRA INTERSECTION* (Australian Product). Then, these two methods will be compared the results such as average delay, degree of saturation, and queue probability. Performance evaluation in 2017 using MKJI 1997 obtained the degree of saturation at the roundabout is 0.62, while for *SIDRA INTERSECTION* is 0.68. Degree of saturation of both methods is still in the requirement of degree of saturation below 0.85 so that the condition of traffic flow in the roundabout is stable and this design can be a recommendation for solving this intersection's problem. Then, in 2027 using MKJI 1997 obtained degree of saturation at the roundabout is 1.00, while for *SIDRA INTERSECTION* obtained 1.22. Degree of saturation from the roundabout evaluation using MKJI 1997 is below the degree of saturation given by *SIDRA INTERSECTION*.*

Keywords: MKJI; *SIDRA INTERSECTION*; Degree Of Saturation; Delay; Queue

¹ Jurusan Teknik Sipil, FST Undana;

² Jurusan Teknik Sipil, FST Undana;

³ Jurusan Teknik Sipil, FST Undana.

PENDAHULUAN

Perkembangan penduduk yang semakin pesat akan mempengaruhi peningkatan kegiatan masyarakat baik itu merupakan kegiatan pendidikan, ekonomi, sosial, budaya. Dari aspek pendidikan, Universitas Nusa Cendana (UNDANA) merupakan salah satu Perguruan Tinggi Negeri di Nusa Tenggara Timur yang memiliki jumlah mahasiswa terus bertambah dari tahun ke tahun. Jumlah mahasiswa yang terus bertambah sangat berpengaruh terhadap volume lalu-lintas yang masuk atau keluar persimpangan di depan gerbang kampus sehingga dapat menimbulkan resiko yang kompleks (konflik, antrian, dll). Untuk menangani permasalahan tersebut, bundaran adalah salah satu alternatif pilihan yang dapat meminimalisir resiko kecelakaan lalu-lintas. Dalam mengevaluasi kinerja bundaran, di Indonesia metode yang dipakai saat ini adalah MKJI 1997 (Manual Kapasitas Jalan Raya Indonesia 1997) (DIRJEN Bina Marga 1997). Sedangkan di negara lain telah ada metode dari Australia yaitu *SIDRA (Signalised and Unsignalised Intersection Design and Research Aid)* yang dimodelkan dalam bentuk Aplikasi Komputer sehingga dapat disesuaikan untuk kondisi suatu daerah. Oleh karena itu penulis melakukan penelitian dengan membandingkan perhitungan *SIDRA INTERSECTION* dan MKJI 1997 (DIRJEN Bina Marga 1997) untuk mengevaluasi kinerja bundaran hasil desain dalam penelitian ini. Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukanlah penelitian dengan judul di atas.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Persimpangan

Pengertian persimpangan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (DIRJEN Bina Marga 1997), adalah dua buah ruas jalan atau lebih yang saling bertemu, saling berpotongan atau bersilangan disebut dengan persimpangan (*intersection*). Sedangkan pengertian lain dari persimpangan jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekatan dimana arus kendaraan dari beberapa pendekatan tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan (Hobbs, 1995). berdasarkan pengertian-pengertian yang ada dapat disimpulkan bahwa persimpangan merupakan simpul atau pertemuan dua jalan yang saling berpotongan.

Bundaran

Menurut Abubakar, dkk (1995) bundaran merupakan salah satu pengendalian persimpangan yang digunakan untuk meminimalkan konflik dan melancarkan arus lalu lintas. Berdasarkan Pedoman Teknik Nomor 20-2004-B, (DEPKIMPRASWIL 2004) bagian jalinan dibagi dua tipe utama yaitu bagian jalinan tunggal dan bagian jalinan bundaran. Bundaran dianggap sebagai jalinan yang berurutan. Bundaran paling efektif jika digunakan persimpangan antara jalan dengan ukuran dan tingkat arus yang sama. Karena itu bundaran sangat sesuai untuk persimpangan antara jalan dua-lajur atau empat-lajur. Untuk persimpangan antara jalan yang lebih besar, penutupan daerah jalinan mudah terjadi dan keselamatan bundaran menurun. Bundaran secara fisik terdiri atas pulau bundaran, jalur lingkaran, lindsantruk/apront truk, pulau pemisah.

Perencanaan Geometrik Bundaran

Perencanaan geometrik bundaran terdiri dari jumlah lajur lingkaran, diameter bundaran, lebar lajur lingkaran, pulau bundaran, lengan pendekat, radius masuk dan radius keluar, alinyemen horizontal pendekat, pulau pemisah, kebebasan pandang pada bundaran dan wilayah pendekat bundaran, jarak pandang henti, marka dan rambu yang terdapat dalam Pd t-20-2004-B (DEPKIMPRASWIL, 2004)

Kapasitas Dasar Bundaran

Menurut MKJI 1997 (DIRJEN Bina Marga 1997), Kapasitas dasar (C_0) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_o = 135 * W_w^{1.3} * \left(1 + \frac{W_F}{W_w}\right)^{1.5} * \left(1 - \frac{P_w}{3}\right)^{0.5} * \left(1 + \frac{W_w}{L_w}\right)^{-1.8} \quad (1)$$

Keterangan :

- C_o : Kapasitas Dasar (smp/jam)
- Faktor W_w : Rasio lebar jalinan
- Faktor W_F/W_w : Rasio rata-rata lebar jalinan
- Faktor P_w : Rasio menjalin
- Faktor W_w/L_w : Rasio panjang jalinan

Lebar Jalan Masuk Rata-Rata (W_E)

Lebar masuk rata-rata (W_E) untuk masing-masing bagian jalinan dinyatakan dalam rumus sebagai berikut (MKJI 1997) :

$$W_E = \frac{W_1 + W_2}{2}; \text{ jika } W_1 > W, \text{ maka } W_1 = W; \quad (2)$$

$$\text{Jika } W_2 > W, \text{ maka } W_2 = W \quad (3)$$

Lebar Jalinan (W_w)

Lebar jalinan adalah lebar efektif bagian jalinan (pada bagian tersempit). Lebar masing-masing sisi dengan banyak parkir sebaiknya dikurangi 2 meter (MKJI 1997).

Panjang Jalinan (L_w)

Panjang jalinan yang dipergunakan dalam perhitungan adalah panjang jalinan efektif untuk bagian jalinan (MKJI 1997).

Kapasitas Bundaran

Kapasitas sesungguhnya bagian jalinan adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_o) yaitu kapasitas pada kondisi tertentu (ideal) dan faktor penyesuaian (F), dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan sesungguhnya terhadap kapasitas dapat dihitung menggunakan Persamaan (4) berikut (MKJI 1997):

$$C = C_o * FCS * FRSU \quad (4)$$

Keterangan :

- C : Kapasitas (smp/jam)
- C_o : Kapasitas Dasar (smp/jam)
- FCS : Faktor penyesuaian ukuran kota
- FRSU : Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan Tak-bermotor.

Derajat Kejenuhan Bundaran

Derajat kejenuhan yaitu rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam menentukan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak (MKJI 1997). Persamaannya sebagai berikut :

$$DS = \frac{Q_{SMP}}{C} \quad (5)$$

$$Q_{smp} = Q_{kend} * F_{smp} \quad (6)$$

$$F_{smp} = (LV\% + HV\% emp_{HV} + MC\% emp_{MC}) \quad (7)$$

Keterangan :

- DS : Derajat kejenuhan
- Q_{smp} : Arus total (smp/jam)

F_{smp} :Faktor smp
 C : Kapasitas (smp/jam)

Tundaan Bundaran (Delay)

Menurut MKJI 1997 tundaan lalu lintas ditentukan dari hubungan empiris antara tundaan lalu lintas dan derajat kejenuhan. Dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DTR = \frac{\sum(Q_i * DT)}{Q_{masuk}} \tag{8}$$

Keterangan :

- i* : Bagian jalinan *i* dalam bundaran
- n* : Jumlah bagian jalinan dalam bundaran
- Q_{*i*} : Arus total pada bagian jalinan *i* (smp/jam)
- Q_{masuk} : Jumlah arus yang masuk bundaran (smp/jam)
- DTR : Tundaan lalu-lintas bundaran

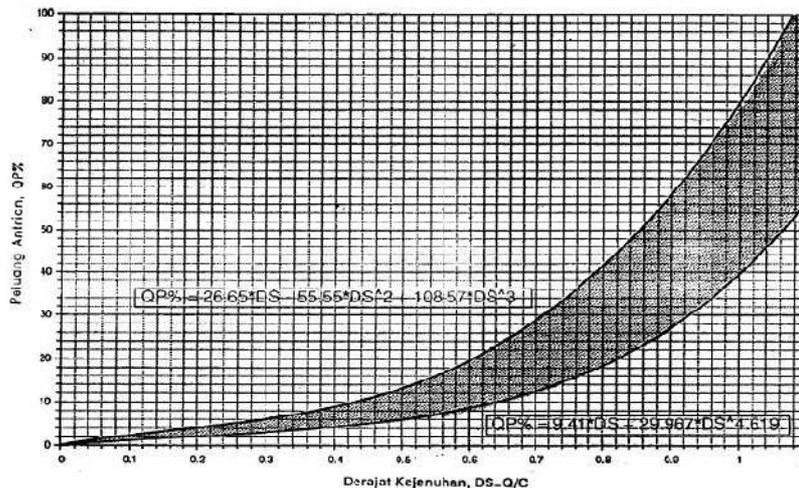
Peluang Antrian Bundaran (QP %)

Tundaan antrian (QP %) yaitu peluang terjadinya antrian pada bundaran oleh kendaraan. Menurut MKJI (1997), peluang antrian dihitung dari hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan yang dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Batas atas QP} = 26,65 \times DS - 55,55 \times DS^2 + 108,7 \times DS^3 \tag{9}$$

$$\text{Batas bawah QP} = 9,41 \times DS + 29,967 \times DS \times 4,619 \tag{10}$$

Peluang antrian bagian jalinan (OP%), peluang antrian dihitung dari hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peluang Antrian vs Derajat Kejenuhan (QP Vs DS) (DEPHUB, Bina Marga)

Peluang antrian bundaran (QPR%) ditentukan dari nilai:

$$QPR\% = \text{maks. dari } (Qp_i\%) \tag{11}$$

Arus Lalu Lintas (Q)

Arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalan persatuan waktu, dinyatakan dalam kend/jam (QKEND), smp/jam (Qsmp) atau LHRT (Lalu-lintas Harian Rata-rata Tahunan). Arus lalu lintas yang digunakan dalam analisis kapasitas simpang dipakai arus lalu lintas yang paling padat per jam dari keseluruhan gerakan kendaraan. Arus kendaraan total adalah kendaraan per jam untuk masing-masing gerakan dihitung dengan % kendaraan konversi yaitu mobil penumpang.

$$Q_{SMP} = Q_{KEND} \times F_{SMP} \tag{12}$$

$$F_{SMP} = (LV\% \times emp_{LV} + HV\% \times emp_{HV} + MC\% \times emp_{MC})/100 \tag{13}$$

Keterangan :

Q_{SMP} : Arus total pada persimpangan (smp/jam)

Q_{KEN} : Arus pada masing-masing simpang (smp/jam)

F_{SMP} : Faktor smp

Arus total pada persimpangan yang diperoleh dalam satuan smp/jam dapat dikonverikan dalam satuan smp/hari (LHRT). MKJI 1997 memberikan Persamaan 2.16 untuk dapat mengkonversikan arus jam puncak menjadi Lalu lintas harian rerata melalui faktor- k yang dapat dilihat pada Tabel 2.9

$$Q_{smp} = Q_{dh} = k * LHRT \tag{14}$$

$$LHRT = \frac{Q_{dh}}{k} \tag{15}$$

Keterangan :

Q_{SMP} : Arus total pada persimpangan (smp/jam)

LHRT : Arus lalu lintas rerata (smp/harian)

k : Faktor konversi berdasarkan ukuran kota

SIDRA INTERSECTION

SIDRA adalah singkatan dari *Signalized and unsignalised Intersection Design Research Aid*. Menurut situs <http://sidrasolution.com>, **SIDRA INTERSECTION** (sebelumnya disebut **SIDRA** dan **AASIDRA**) adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk persimpangan sebidang (*junction*) dalam menghitung serta menganalisa kapasitas, tingkat layanan dan kinerja lalu lintas eksisting atau desain. Pertama kali dirilis pada tahun 1984, dan sementara ini masih dalam pengembangan berkelanjutan dalam menanggapi umpan balik pengguna.

SIDRA INTERSECTION menggunakan model analisis lalu lintas secara detail berupa *lane-by-lane analyze* yang merupakan suatu metode analisis kinerja dengan memperhatikan masing-masing lajur dan digabungkan dengan metode perkiraan untuk memberikan perkiraan kapasitas dan tampilan kinerja lainnya. Hal ini yang membedakan **SIDRA INTERSECTION** dan MKJI 1997 yang menganalisis dengan metode *Weaving Section* (analisis perjalinan).

Rumus-Rumus Yang Digunakan SIDRA INTERSECTION V5.1

Persamaan di bawah ini untuk mengestimasi kapasitas arus masuk pada bundaran yang digunakan oleh program **SIDRA INTERSECTION**.

$$Q_e = \frac{3600\phi q_c e^{-\lambda(\alpha-\Delta)}}{1-e^{-\lambda\beta}} \tag{16}$$

$$\lambda = \frac{\phi q_c}{1-\Delta q_c} \tag{17}$$

$$\beta = 2.819 - 3.94 \times 10^{-4} q_c \tag{18}$$

$$\alpha = (1.641 - 3.137 \times 10^{-4} q_c) \beta \tag{19}$$

$$\phi = 0.75 (1 - \Delta) q_c \tag{20}$$

$$\Delta = 2 \text{ sec} \tag{21}$$

Keterangan :

Q_e : Kapasitas arus masuk bundaran. (veh/h)

- qc : Total arus memutar (veh/h)
- α : Sela kritis rata-rata
- ϕ : Proporsi dari kendaraan bebas
- Δ : Waktu antar kendaraan dalam suatu kumpulan

SIDRA INTERSECTION menggunakan rumus keterlambatan/tundaan bergantung pada waktu untuk memperkirakan keterlambatan/tundaan rata-rata (d dalam detik) pada jalur masuk bundaran (Akcelik dan Troutbeck 1997). Rumus ini diperoleh dari keterlambatan tetap rumus SR 45 dan ditunjukkan sebagai berikut:

$$d = d_m + 900T \left[Z^2 + \sqrt{\frac{8kx}{Q_e T}} \right] \tag{22}$$

$$k = d_m Q_e / 3600 \tag{23}$$

$$d_m = \frac{e^{\lambda(\alpha-\Delta)}}{\phi - q_c} - \alpha - \frac{1}{\lambda} + \frac{\lambda\Delta^2 - 2\Delta + 2\Delta\phi}{2(\lambda\Delta + \phi)} \tag{24}$$

Keterangan :

- d_m :Keterlambatan minimum dalam detik
- T : Periode arus dalam jam (durasi interval waktu selama arus permintaan berlangsung)
- x : Derajat kejenuhan lajur masuk, yaitu rasio dari kedatangan (permintaan) tingkat arus dengan kapasitas ($x = q_c / Q_e$),
- Z : $x - 1$
- k :Parameter keterlambatan
- Q_e : Kapasitas arus masuk dalam veh/h

Dimana parameter waktu antara yang disetujui α , β , Δ , ϕ dan dilihat pada Persamaan 18 sampai 21 dan perhitungan arus, q_c dalam veh/h.

METODE PENELITIAN

Teknik Analisis Data

Setelah selesai dilakukannya pengumpulan data, maka akan dilakukan analisis dengan menggunakan data yang diperoleh di lapangan dan menggunakan formula yang ada pada landasan teori. Tahapan-tahapan dalam menganalisis data adalah sebagai berikut :

1. Evaluasi simpang eksisting.

Evaluasi pada simpang ini bertujuan untuk mengetahui kinerja simpang sebelum dilakukan desain bundaran lalu lintas pada lokasi tersebut. Evaluasi simpang eksisting akan mempergunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997).
2. Mendesain Bundaran

Setelah dilakukan evaluasi untuk melihat kinerja simpang berdasarkan data-data yang ada, akan dilakukan desain bundaran sebagai solusi penanganan untuk mengurangi titik konflik dan juga dengan harapan menaikan kinerja simpang. Dalam mendesain Penulis akan mempergunakan Pedoman Teknik Nomor 20 tahun 2004. Pedoman ini merupakan petunjuk praktis bagi perencana jalan dalam merencanakan bundaran pada persimpangan sebidang.
3. Mengevaluasi Bundaran Hasil Desain.
 - a) Melakukan evaluasi kinerja bundaran dengan Metode MKJI 1997

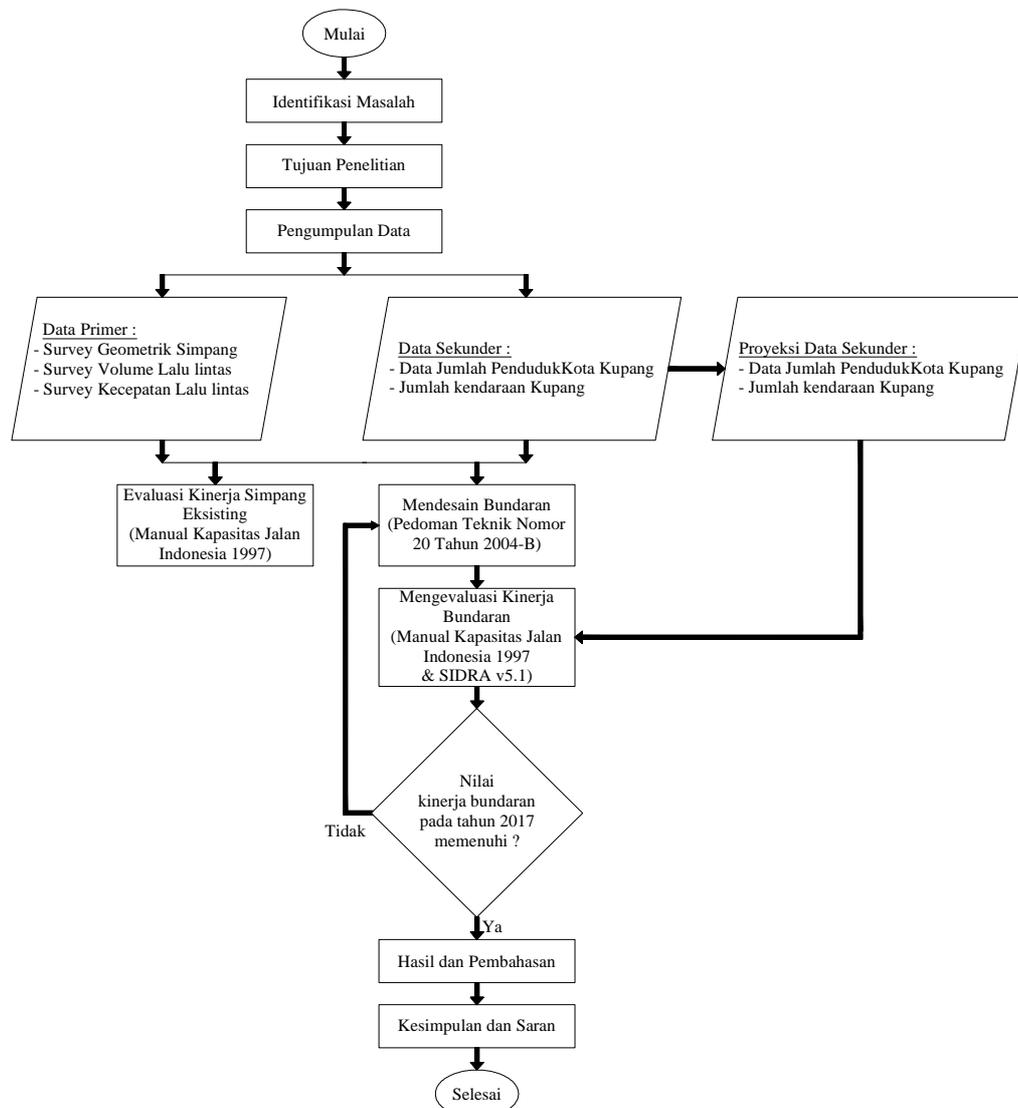
Menurut MKJI 1997 ukuran kinerja persimpangan bundaran dinyatakan dalam kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan dan kemungkinan panjang antrian yang terjadi. Secara garis besar prosedur perhitungan kinerja bundaran termasuk dalam kategori *weaving section*.

- b) Melakukan evaluasi kinerja bundaran dengan Aplikasi Komputer *SIDRA INTERSECTION* v5.1

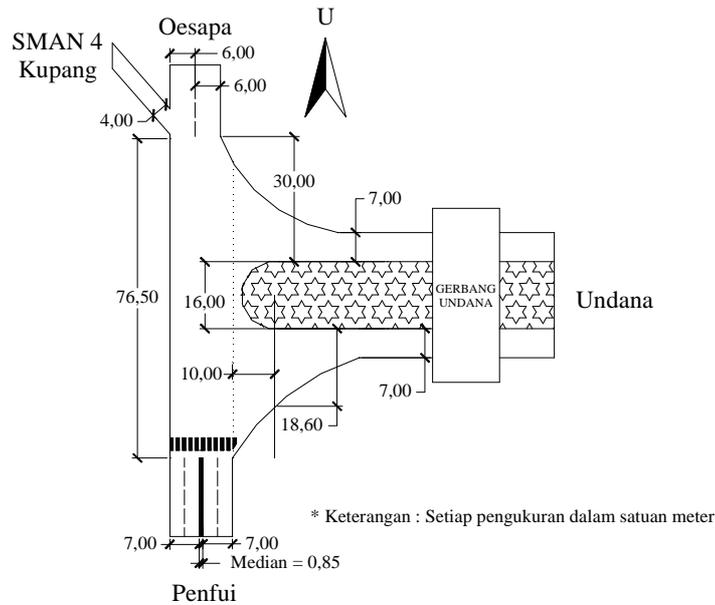
Sistem operasi *SIDRA INTERSECTION* dibagi dalam tiga bagian yaitu tahap input data, tahap perhitungan dan tahap output data. Data input program *SIDRA INTERSECTION* meliputi Jenis persimpangan dan bentuk geometrik persimpangan, arah pergerakan kendaraan, Volume lalu lintas pada saat jam puncak, meliputi LV (*light vehicle*) dan HV (*heavy vehicle*), Lebar jalan, lebar balok kiri (LTOR) dan lebar median, Waktu siklus dan, Perhitungan kecepatan pada *approach lanes* dan *exit lanes*. Data output yang dihasilkan program *SIDRA INTERSECTION*. Data Output pada *SIDRA INTERSECTION* v5.1 adalah dapat berupa tundaan dan tingkat pelayanan, panjang antrian, perhentian, derajat kejenuhan simpang, kapasitas.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian digambarkan seperti langkah-langkah pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Geometrik Simpang Eksisting

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geometrik

Kondisi simpang eksisting dengan masing-masing pendekat yaitu diantaranya pendekat Penfui pada bagian Selatan, pendekat Oesapa pada bagian Utara, pendekat UNDANA pada bagian Timur dan pendekat SMAN 4 Kupang pada bagian Barat Laut. Kondisi geometrik ditampilkan pada Gambar 2.

Kondisi Lingkungan

Berdasarkan MKJI 1997 tipe lingkungan jalan pada persimpangan di depan gerbang Kampus UNDANA digolongkan tipe lingkungan jalan komersial, dengan hambatan samping sedang, dan untuk kota Kupang sendiri masuk dalam kategori kota kecil (Jumlah penduduk hasil proyeksi pada tahun 2017 sebanyak 414.494 jiwa)

Survei Volume Lalu-lintas

Survei lalulintas dilakukan pada jam-jam sibuk dengan menggunakan lembar kerja atau formulir survei dengan dibantu oleh beberapa *surveyor* sehingga didapatkan volume lalulintas selama jam puncak dari masing-masing lengan persimpangan. Survei kendaraan dilakukan selama dua belas hari dimana Sabtu dan Minggu tidak dilakukan survei. Jam puncak untuk periode jam sibuk Pagi pukul 07.00 – 09.00 WIB, periode jam sibuk Siang pukul 11.00 – 14.00 WIB, periode jam sibuk Sore Pukul 15.00 – 18.00 WIB. Hasil survei pada masing-masing jam sibuk ditampilkan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Survei Volume Kendaraan

Arus Pendekat	Arus Oesapa – UNDAN A (smp/jam)	Arus Oesapa – Penfui (smp/jam)	Arus UNDAN A – Oesapa (smp/jam)	Arus UNDAN A – Penfui (smp/jam)	Arus Penfui – Oesapa (smp/jam)	Arus Penfui – UNDAN A (smp/jam)	Arus SMAN 4 – Penfui (smp/jam)	Arus SMAN 4 – UNDAN A (smp/jam)
Jam Sibuk								
Arus lalu-lintas Jam Sibuk Pagi	258	326	323	246	431	976	227	211
Arus lalu-	206	323	297	608	401	527	242	182

Arus Pendekat	Arus Oesapa – UNDAN A (smp/jam)	Arus Oesapa – Penfui (smp/jam)	Arus UNDAN A – Oesapa (smp/jam)	Arus UNDAN A – Penfui (smp/jam)	Arus Penfui – Oesapa (smp/jam)	Arus Penfui – UNDAN A (smp/jam)	Arus SMAN 4 – Penfui (smp/jam)	Arus SMAN 4 – UNDAN A (smp/jam)
Jam Sibuk lintas Jam Sibuk Siang								
Arus lalu-lintas Jam Sibuk Sore	172	305	283	564	424	308	192	157

Analisis Simpang Eksisting

Analisis kinerja simpang dilakukan pada tiap jam sibuk untuk mengetahui kinerja simpang pada saat melayani arus pada jam sibuk tersebut. Pada perhitungan analisis simpang ini digunakan metode MKJI 1997 untuk menentukan perilaku Lalu-lintas simpang eksisting pada masing-masing jam sibuk. Rekapitulasi hasil evaluasi kinerja simpang kondisi eksisting ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rekapitulasi Kinerja Simpang Pada Masing-masing Jam Sibuk

Parameter	Hasil jam sibuk pagi	Hasil jam sibuk siang	Hasil jam sibuk sore
Rasio belok kiri	0,24	0,36	0,37
Rasio belok kanan	0,43	0,30	0,25
Rasio berbelok	0,67	0,65	0,62
Kapasitas simpang (C) (smp/jam)	3126	3636	3856
Arus kendaraan bermotor total (Q _{MV}) (smp/jam)	2999	2785	2404,8
Derajat kejenuhan (DS)	0,96	0,77	0,62
Tundaan simpang (D) (det/smp)	17,37	12,68	10,72
Peluang antrian (QP %) Batas atas	72,61	47,22	33,64
Peluang antrian (QP %) Batas bawah	36,92	23,75	16,19

Derajat kejenuhan (DS) terbesar yaitu pada jam sibuk pagi yaitu mencapai 0,96 nilai ini lebih besar nilai derajat kejenuhan yang di sarankan oleh MKJI 1997 yaitu $DS \leq 0,85$. Sedangkan pada jam sibuk siang dan sore nilai derajat kejenuhan menunjukkan kinerja simpang untuk menangani arus pada saat itu cukup baik ($DS < 0,85$).

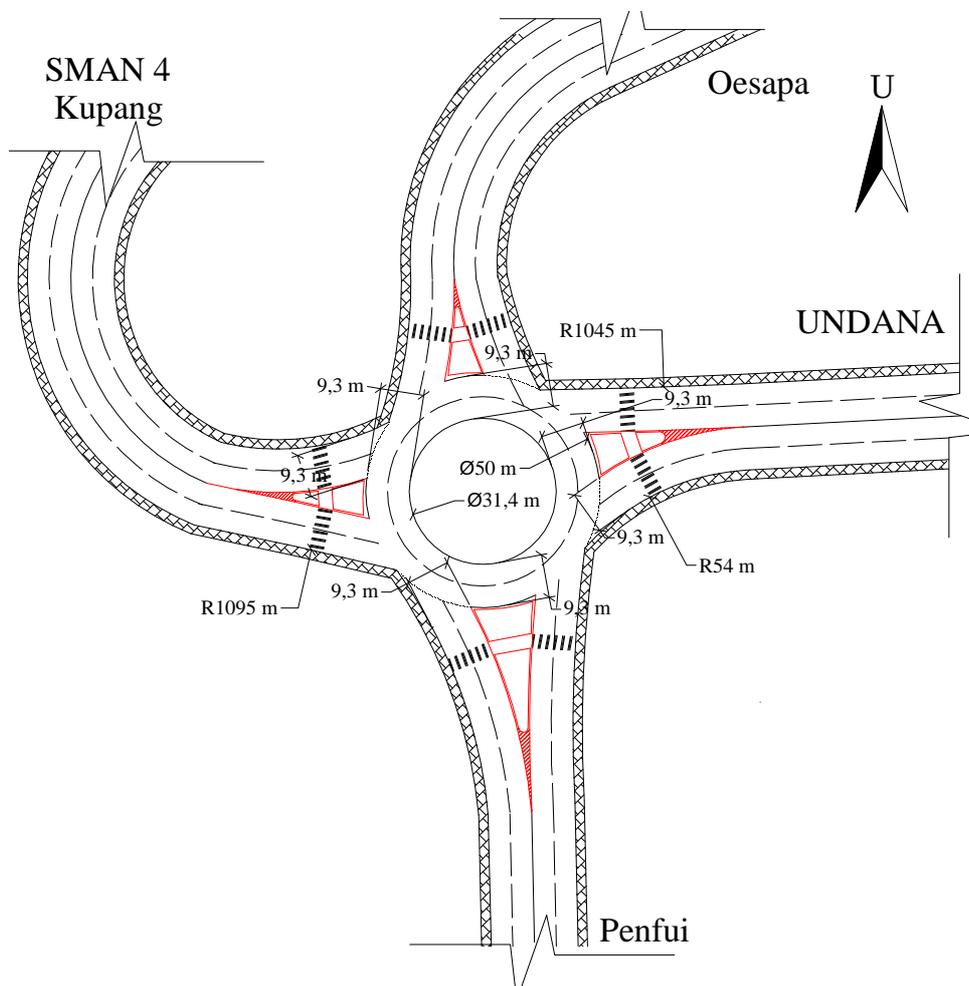
Data Perencanaan

Arus lalu-lintas yang digunakan dalam perencanaan bundaran pada penelitian ini adalah arus lalu-lintas hasil proyeksi pada umur rencana 10 tahun. Perhitungan proyeksi lalu-lintas menggunakan metode eksponensial dimana angka pertumbuhan yang digunakan diasumsikan sama dengan pertumbuhan jumlah kendaraan (*i*%) yaitu 5,75%. Sehingga diperoleh arus terbesar pada 10 tahun mendatang berasal dari pendekatan Penfui yaitu sebesar 27.344 smp/hari. Kendaraan rencana yang digunakan adalah kendaraan *Semi-trailer* atau *trailer*, dengan kecepatan rencana

yang digunakan adalah 50 km/jam. Hasil desain geometrik bundaran ditampilkan pada Tabel 3 berikut dan diilustrasikan dalam Gambar 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Desain Geometrik Bundaran

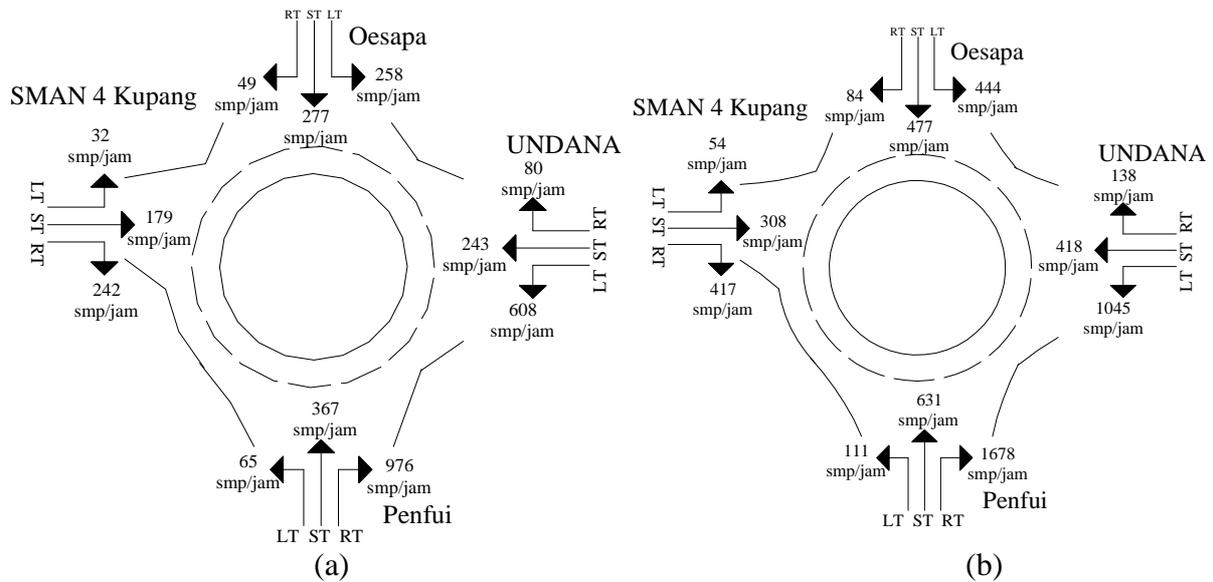
No	Parameter Desain	Hasil Yang Akan Digunakan
1	Jumlah lajur lingkaran	2 lajur
2	Lebar lajur lingkaran	9,30 m (1 lajur = 4,65 m)
3	Diameter bundaran	50 m
4	Diameter pulau pusat	31,40 m (termasuk apron truk 2,40 m)
5	Lebar lengan pendekat	9,30 m (1 lajur = 4,65 m)
6	Radius masuk dan radius keluar	Minimal 94m (jalan mayor) dan minimal 51 m (jalan minor)
7	Pulau pemisah (<i>splitter island</i>)	Tipikal yang dianjurkan Pd t-20-2004 B



Gambar 3. Layout Hasil Desain Bundaran

Evaluasi Kinerja Bundaran Hasil Desain

Arus lalu-lintas yang digunakan dalam menganalisis kinerja bundaran pada tahun 2017 dan 2027 adalah arus pada jam puncak pagi aktual (hasil survey) dan arus jam puncak pagi yang diproyeksikan (10 tahun) yang ditunjukkan dalam Gambar 3berikut.



Gambar 3.(a) Arus Lalu-lintas Pada Tahun 2017, (b) Arus Lalu-lintas Hasil Proyeksi Pada Umur Rencana 10 Tahun (Tahun 2027)

Dengan menggunakan metode MKJI 1997, hasil analisis kinerja bundaran dihitung menggunakan arus lalu-lintas diatas. Hasil analisis ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Kinerja Bundaran Menggunakan Metode MKJI 1997

Parameter	Dasar penentuan	Nilai Kinerja Tahun 2017	Nilai Kinerja Tahun 2027
Total kendaraan bermotor (MV) smp/jam	RWEAV-1, Kolom 8, baris 56	3376	5804
Jumlah Tundaan Lalu-lintas total (DT _{TOTAL}) det/smp	$\sum DT_{TOTAL}$ semua jalinan (RWEAV-2, Kolom 34, baris 5)	18445,93	109472,43
Tundaan Lalu-lintas Bundaran Rata-rata DT _R det/smp	$DT_R = \sum DT_{TOTAL} / MV$	5,46	18.86
Tundaan Bundaran Rata-rata DR (DT _R +4) det/smp	$DR = DT_R + 4$	9,46	22,86
Derajat kejenuhan bundaran DS _R	DS terbesar dari masing-masing jalinan	0,62	1,00
Peluang antrian (QP%)	QP maksimum dari semua jalinan.	9,2 – 31,0	39.5 - 137.9

Berdasarkan Tabel 4 diatas dapat dilihat bahwa kinerja bundaran pada akhir umur rencana memiliki kinerja yang buruk sehingga perlu ditangani dengan memperbesar geometrik atau menerapkan rekayasa lalu-lintas untuk memperbesar kapasitas bundaran. Selanjutnya kinerja bundaran juga dianalisis menggunakan metode *SIDRA INTERSECTION* v5.1 dimana data masukan yang dianalisis menggunakan metode *SIDRA INTERSECTION* v5.1 juga menggunakan data geometrik hasil desain dan arus lalu-lintas sebelumnya. Hasil analisis menggunakan *SIDRA INTERSECTION* v5.1 ditampilkan dalam Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Analisis Kinerja Bundaran Menggunakan Metode *SIDRA INTERSECTION* v5.1

No	Parameter Kinerja	Kinerja Tahun 2017	Kinerja Tahun 2027
1	Degree of saturation (Derajat kejenuhan)	0,68	1,221
2	Average delay (Tundaan rata-rata)	8,90	51,60
3	Probability of Queued (Peluang antrian)	0,71 = 71,0 %	0,99 = 99,0 %

Tabel 5 memperlihatkan nilai kinerja bundaran berdasarkan metode *SIDRA INTERSECTION v5.1* lebih besar dari nilai kinerja yang dianalisis oleh MKJI 1997. Perbandingan antara kedua metode ini ditampilkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai Kinerja Antara Kedua Metode (MKJI 1997 dan *SIDRA INTERSECTION*)

Tahun analisis	Parameter	Nilai kinerja (MKJI 1997)	Nilai kinerja (<i>SIDRA INTERSECTION</i>)
2017	Derajat kejenuhan (DS)	0,62	0,68
	Tundaan rata-rata (DT _R) det/smp	9,46	8,90
	Peluang antrian (QP) %	9,2 – 31,0	71,0
2027	Derajat kejenuhan (DS)	1,00	1,221
	Tundaan rata-rata (DT _R) det/smp	22,86	51,60
	Peluang antrian (QP) %	39,5 – 137,9	99,00

Perbedaan nilai kinerja bundaran antara kedua metode ini tidak terlepas dari faktor-faktor yang mempengaruhi hasil analisis seperti perbedaan persamaan yang digunakan, metode analisis, standar perencanaan bundaran dan variabel-variabel masukan untuk dianalisis.

Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kinerja simpang sebelum diterapkan bundaran dengan menggunakan MKJI 1997 adalah sebagai berikut :
 - a) Untuk jam sibuk pagi :
 - Derajat kejenuhan = 0,96
 - Tundaan simpang = 17,37 det/smp
 - Peluang antrian = 36,92% - 72,61%
 - b) Untuk jam sibuk siang :
 - Derajat kejenuhan = 0,77
 - Tundaan simpang = 12,68 det/smp
 - Peluang antrian = 23,75% - 47,22%
 - c) Untuk jam sibuk sore :
 - Derajat kejenuhan = 0,62
 - Tundaan simpang = 10,72 det/smp
 - Peluang antrian = 16,19% - 33,64%
2. Geometrik bundaran hasil perhitungan untuk penanganan simpang di depan gerbang kampus UNDANA adalah sebagai berikut :
 - a) Lebar lajur lingkaran = 9,30 m (1 lajur = 4,65 m)
 - b) Diameter bundaran = 50 m

- c) Diameter pulau pusat = 31,40 m (termasuk apron truk 2,40 m)
 - d) Radius masuk/keluar = Minimal 94m (jalan mayor) dan minimal 51 m (jalan minor)
3. Kinerja bundaran hasil desain adalah sebagai berikut:
- a) Kinerja bundaran tahun 2017 dengan MKJI 1997.
 - Derajat kejenuhan = 0,62
 - Tundaan rata-rata = 9,46 det/smp
 - Peluang antrian = 9,2%-31,0%
 - b) Kinerja bundaran tahun 2027 dengan MKJI 1997.
 - Derajat kejenuhan = 1,00
 - Tundaan rata-rata = 22,86 det/smp
 - Peluang antrian = 39,5%-137,9%
 - c) Kinerja bundaran tahun 2017 dengan *SIDRA INTERSECTION*.
 - Derajat kejenuhan = 0,681
 - Tundaan rata-rata = 18,90
 - Peluang antrian = 71,0%
 - d) Kinerja bundaran tahun 2027 dengan *SIDRA INTERSECTION*.
 - Derajat kejenuhan = 1,22
 - Tundaan rata-rata = 51,60
 - Peluang antrian = 99,0%
4. Parameter kinerja kedua metode yang dijadikan tolak ukur adalah derajat kejenuhan. Di mana untuk derajat kejenuhan pada tahun 2017, MKJI 1997 lebih kecil 8,82% dari *SIDRA INTERSECTION*, sedangkan pada tahun 2027 nilai derajat kejenuhan MKJI 1997 lebih kecil 18,03% dari *SIDRA INTERSECTION*. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan standar perencanaan antara Indonesia dan Australia, perbedaan parameter-parameter masukan dan metode analisis. Namun jika dilihat dari parameter-parameter masukan antara kedua metode ini, *SIDRA INTERSECTION* memiliki parameter input yang lebih detail dari MKJI 1997.

Saran

1. Pada penelitian selanjutnya bundaran hasil desain ini perlu dilengkapi dengan sistem drainase dan perencanaan-perencanaan detail lainnya.
2. Pada penelitian lanjutan bisa memasukkan data pejalan kaki (*Pedestrian*), gap bundaran yang diterima (*GAP Acceptance*), serta permintaan dan sensitivitas (*Demand and Sensitivity*) pada *SIDRA INTERSECTION* untuk mendapat analisis *SIDRA* yang lebih akurat.
3. Pelebaran geometrik bundaran pada masa yang akan datang sulit untuk dilakukan sehingga perlu diatasi masalah yang ada pada akhir umur rencana dengan menerapkan rekayasa transportasi yang sesuai pada bundaran ini.
4. Hasil penelitian ini dapat dijadikan rujukan dalam mendesain bundaran di depan Kampus UNDANA Kupang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar. dkk. 1995. Menuju Lalulintas dan Angkutan Jalan yang Tertib, Jakarta, Direktorat Jendral Perhubungan Darat
- Akcelik, Rahmi, & Troutbeck. 1997. *Recent Research on Actuated Signal Timing and Performance Evaluation and Its Applications in SIDRA 5*. Akcelik & Associates Pty Ltd.
- DEPKIMPRASWIL. 2004. Pedoman Teknik Nomor 20 Tahun 2004-B. *Perencanaan Bundaran Untuk Persimpangan Sebidang*. Jakarta.
- DIRJEN Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta.
- Hobbs, F.D. (1995). *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

