

Analisis Karakteristik Campuran Aspal Porus Menggunakan Pecahan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dengan Penambahan Asbuton BGA Pada Aspal Penetrasi 60/70

Lambang Basri Said¹⁾, St Maryam H²⁾, Baso Arman³⁾

¹ Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia (UMI)
Jalan Urip Sumoharjo No.225 Makassar, Telp. 454534,
E-mail : elbasri_umi@yahoo.com

² Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia (UMI)
Jalan Urip Sumoharjo No.225 Makassar, Telp. 454534,
E-mail : maryam.hafram@umi.ac.id

³ Mahasiswa Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil UMI .
Jl Urip Sumoharjo No.225 Makassar, Telp. 454534,
E-mail : basoarman02@gmail.com

ABSTRAK

Pemilihan campuran aspal berongga pada lapisan permukaan adalah cara yang sedang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan di atas yang dapat mengganggu keselamatan di jalan. Lapisan ini secara efektif akan memberikan tingkat keselamatan yang lebih, terutama di saat hujan.. Tujuan penelitian ini adalah (1) Menganalisis karakteristik aspal Porus dengan pecahan limbah beton dengan penambahan asbuton BGA pada aspal pen 60/70. Dan (2) Mendapatkan proporsi optimal / gradasi limbah beton pada campuran aspal porus pada penggunaan Asbuton BGA pada aspal pen 60/70. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Arus lalu-lintas dari jalan minor (Jl. Ketimun) pada kondisi eksisting saat ini sangat berpengaruh terhadap kinerja jalan hal ini ditunjukkan dengan tingkat derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,863, kondisi eksisting digolongkan buruk berpeluang terjadinya kemacetan pada waktu-waktu tertentu terutama disore hari. Dan (2) Skenario larangan arus kendaraan berbelok-kanan dari arah Jl. Minor (Jl. Ketimun) merupakan solusi alternatif yang mudah dengan biaya murah.

Kata Kunci : BGA, Asbuton, aspal Porus

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transportasi darat merupakan transportasi yang paling diminati oleh masyarakat di Indonesia. Pertimbangan baik segi keamanan, dan ekonomi masih menempatkan transportasi darat menjadi pilihan utama. Jalan raya sebagai prasarana transportasi darat harus mendapat perhatian khusus.

Konstruksi maupun pelaksanaan pembangunan jalan raya harus memenuhi persyaratan yang berlaku untuk menjaga keamanan maupun kenyamanan para pengguna jalan..

Secara umum, setiap jalan harus memenuhi persyaratan aman dimana kecelakaan yang terjadi seminimal mungkin, kuat sehingga dapat memikul beban, dan nyaman dimana permukaan jalan rata, lebar jalan yang memadai sesuai jumlah lalu lintas yang lewat.

Saat sekarang ini, keselamatan dalam transportasi khususnya transportasi darat merupakan hal yang patut mendapat perhatian. Salah satu aspeknya adalah dari segi kondisi lapisan permukaan jalan. Khususnya di Indonesia dengan curah hujan yang cukup tinggi, pada permukaan jalannya sering terdapat genangan air dan tidak memiliki kekesatan sehingga menjadi licin dan dapat menimbulkan kebisingan.

Pemilihan campuran aspal berongga pada lapisan permukaan adalah cara yang sedang

dikembangkan untuk mengatasi permasalahan di atas yang dapat mengganggu keselamatan di jalan. Lapisan ini secara efektif akan memberikan tingkat keselamatan yang lebih, terutama di saat hujan.

Lapisan aspal berongga merupakan lapisan dari perkerasan jalan yang dihampar di atas lapisan aspal yang kedap air. Karena menggunakan gradasi terbuka, sehingga memungkinkan air meresap ke dalam lapisan aspal tersebut. Sifat-sifat aspal berongga ini bergantung dari gradasi agregat dan sifat bahan-bahan pembentuk aspal itu sendiri.

Di samping itu, kebutuhan nasional akan aspal khususnya aspal minyak untuk konstruksi jalan meningkat setiap tahunnya untuk pembangunan jalan baru, pemeliharaan jalan, serta pengembalian kondisi selama masa layannya. Sebagian kebutuhan tersebut dipenuhi dengan mengimpor aspal. Untuk mengurangi impor aspal dapat dilakukan dengan memanfaatkan produk dalam negeri yaitu aspal alam yang terdapat di Pulau Buton Provinsi Sulawesi Tenggara. Pembangunan prasarana jalan nasional hendaknya dapat memanfaatkan aspal alam ini, baik dalam bentuk padat (Buton Granular Asphalt) maupun dalam bentuk cair (Liquid Asbuton).

Kebutuhan aspal di Indonesia terus meningkat namun kebutuhan tersebut tidak terpenuhi karena keterbatasan kapasitas penghasil aspal. Selain bahan aspal yang berbasis minyak bumi, terdapat aspal asli atau aspal alam, seperti yang dapat ditambang di Pulau Buton, Indonesia. Jenis aspal alam yang berasal dari Pulau Buton ini dibagi menjadi dua macam, yaitu aspal keras yang ditemukan di daerah Kabungka aspal lembek yang dapat ditambang di daerah Lawele. Aspal alam yang berasal dari Pulau Buton ini mempunyai kadar aspal yang bervariasi, dari 10% sampai dengan 40%, dengan rata rata sekitar 21,8%. Jumlah deposit aspal alam ini diperkirakan sebesar 350 juta ton.

Berbagai penelitian dan pemanfaatan Aspal Buton ini telah dilaksanakan, baik sebagai aditif maupun sebagai material dasar campuran beton aspal. Aspal Buton Butir merupakan hasil pengolahan Aspal Buton padat yang dipecah dengan alat pemecah (*crusher*) yang sesuai sehingga memiliki ukuran butir tertentu. Hingga tahun 1987 Aspal Buton Butir konvensional, yaitu berupa agregat Aspal Buton dengan ukuran butir maksimum 12,5 mm dan dikirim dalam bentuk curah, pernah digunakan di Indonesia (Affandi, 2008).

Hal lain yang perlu mendapat perhatian adalah kebutuhan peningkatan jalan dengan cara penambahan lapis tambahan atau pembangunan konstruksi jalan baru membutuhkan ketersediaan volume material, seperti kerikil dan pasir yang sangat besar tetapi ketersediaan material tersebut di alam tentu sangat terbatas. Untuk itu, diperlukan inovasi untuk mencari metode pembangunan alternatif yang mampu menghasilkan kualitas konstruksi jalan yang memenuhi standar namun dapat menggunakan material yang seminim mungkin.

Dengan segala kelebihannya yang dapat disimak dari berbagai penelitian akhir-akhir ini, penggunaan kembali limbah beton berupa pecahan sebagai pengganti agregat kasar pantas diteliti karena disamping murah dan ramah lingkungan, juga diharapkan akan mampu memberikan hasil yang memuaskan.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik campuran aspal porus dengan penggunaan pecahan limbah beton sebagai agregat kasar dengan penambahan asbuton BGA pada aspal pen 60/70.
2. Bagaimana optimalisasi penggunaan pecahan limbah beton sebagai agregat kasar pada campuran aspal berongga.

1.3. Tujuan Penulisan

Sebagaimana yang telah diuraikan sebelumnya, berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas maka tujuan penulisan adalah :

1. Menganalisis karakteristik aspal Porus dengan pecahan limbah beton dengan penambahan asbuton BGA pada aspal pen 60/70.
2. Mendapatkan proporsi optimal / gradasi limbah beton pada campuran aspal porus pada penggunaan Asbuton BGA pada aspal pen 60/70.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan berbagai literatur, penelitian terdahulu, data primer serta data sekunder yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

2.1. Data Primer

Masukan data primer antara lain:

- Jumlah kendaraan Ringan, berat, sepeda motor dan tak bermotor yang keluar pada jalan minor.
- Jumlah kendaraan Ringan, berat, sepeda motor dan tak bermotor yang (belok-kiri, belok-kanan) pada jalan minor.
- Jumlah kendaraan Ringan, berat, sepeda motor dan tak bermotor jalan utama (arah Pangkep-Pare-pare).
- Jumlah kendaraan Ringan, berat, sepeda motor dan tak bermotor jalan utama (arah Pare-pare - Pangkep).
- variasi harian, variasi jam, lebar jalan, type jalan, kerb, bahu, median, lapis perkerasan, lebar pendekat.

2.2. Data Sekunder

Masukan data sekunder antara lain:

- Jumlah Penduduk kabupaten Pangkep.
- Peta jaringan jalan Kabupaten Pangkep.

2.3. Observasi lapangan

Dalam observasi lapangan dilakukan dengan mengamati, mengukur langsung untuk mendapatkan data-data:

- Pengumpulan data Sekunder
Cara untuk mendapatkan data sekunder adalah dengan menghubungi instansi terkait
- Pengumpulan data Primer
Untuk mendapatkan data primer yaitu dengan survey langsung dilapangan, dan langkah awal adalah dengan mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan serta formulir data untuk mencatat data dilapangan.

2.4. Penganbilen data dilapangan

Sebelum dilakukan pengambilan data dilapangan surveyor di arahkan cara pengisian formulir dan penggunaan alat dan dilakukan survei pendahuluan untuk melihat kekurangan-kekurangan dalam pengambilan data untuk penyempurnaan pada saat survei.

2.5. Kompilasi data

Kompilasi data adalah data primer dan data sekunder untuk mengetahui data yang akan digunakan untuk dipilih yangkemungkinan salah sehingga data tersebut dibuang

2.6. Analisa data

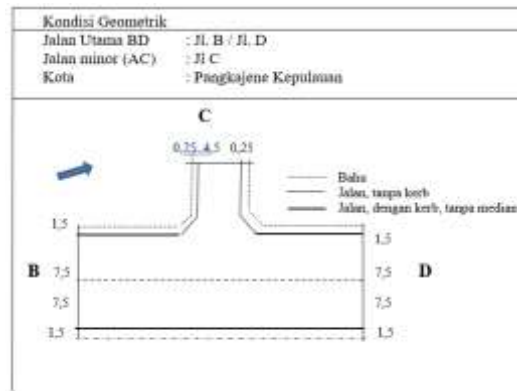
Dari hasil kompilasi data primer dan data sekunder kemudian diadakan analisis untuk mengetahui Kapasitas (C), Perilaku lalu-lintas serta alternatif solusi yang direkomendasikan pada instansi terkait.

III. HASIL PENELITIAN

3.1. Kondisi Geometrik

Sketsa pola geometrik pada simpang yang ditinjau dalam penelitian ini adalah simpang Jalan Ketimun, Persimpangan ini merupakan simpang 3-lengan digambarkan pada

Formulir USIG-I, di bawah pada Gambar 4-1. Nama jalan minor dan utama dan nama kota dicatat pada bagian atas. Untuk orientasi sketsa memuat panah penunjuk arah. Jalan utama adalah jalan yang dipertimbangkan terpenting pada simpang, jalan dengan klasifikasi fungsional tertinggi. Untuk simpang 3-lengan, jalan yang menerus adalah jalan utama. Pendekat jalan minor diberi notasi C, pendekat jalan utama diberi notasi B dan D. Pemberian notasi dibuat searah jarum jam. Sketsa ini juga meliputi informasi tentang kereb, lebar jalur, bahu dan median.



Gambar 4-1 Kondisi Geometrik

dari Gambar 4-1 sketsa kondisi geometrik lebar pendekat masing-masing simpang:

- Lebar Pendekat Jl. Utama B: $b = 9,0$ m, lebar bahu 1,5 m perkerasan dengan aspal, sering digunakan untuk parkir maka harus dikurang 2 meter menjadi 7,0 m, tanpa median serta saluran tertutup sebagai trotoar.
- Lebar Pendekat Jl. Utama D: $d = 9,0$ m, lebar bahu 1,5 m perkerasan dengan aspal, juga sering digunakan untuk parkir maka harus di kurangi 2 meter menjadi 7,0 m, tanpa median sebagian saluran tertutup sebagai trotoar.
- Lebar Pendekat C: $c = 4,5$ m dengan bahu 0,25 m kiri dan kanan perkerasan agregat berbutir, saluran terbuka sepanjang kanan dan kiri

3.2. Kondisi lalu-lintas

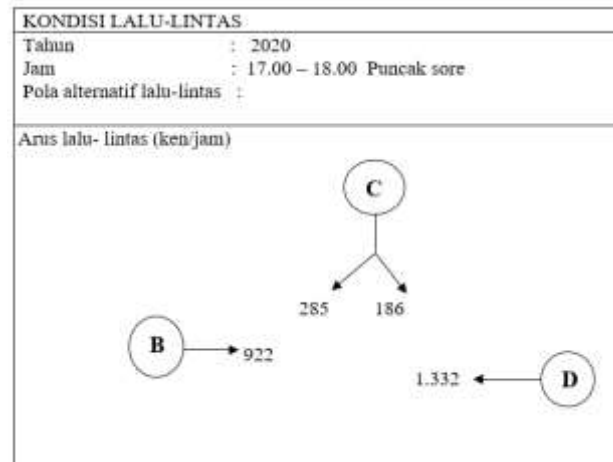
Hasil pengamatan di lapangan, selama empat hari mulai hari Senin tanggal 16 maret 2020 sampai dengan hari Kamis tanggal 19 maret 2020, diperoleh data puncak terjadi pada sore hari pada pukul 17.00 – 18.00 sebanyak 2719 kendaraan/jam yang melewati simpang yang diteliti baik dari arah Pangkep-Pare-pare dan sebaliknya dari arah Pare-pare – Pangkep serta dari arah jalan ketimun yang berbelok kanan dan kiri.

Tabel 4-1 arus lalu-lintas puncak pada hari **Senin** tgl 16 Maret 2020

NO	Interval waktu	arah	Arus lalu-lintas Ken/jam	Kendaraan ringan LV Ken/jam	Kendaraan berat HV Ken/jam	Sepeda motor MC Ken/jam	Kendaraan tidak bermotor	Total seluruh kendaraan bermotor Ken/jam
1	17.00 - 18.00	LT	Jl. Minor C	84	12	90	1	465
		RT		125	19	135	2	
		ST	Jl. Utama B	418	251	253	11	922
		ST	Jl.	739	233	360	8	1332

			Utama D					
			Total C + B + D					2719

Dari tabel 4-1, digambarkan sebagai sketsa arus lalu-lintas yang ditunjukkan dengan Gambar 4-2 sebagai berikut :



Gambar 4-2 Sketsa kondisi lalu-lintas

- Perhitungan arus lalu-lintas dalam satuan mobil penumpang (smp) sebagai berikut:
- Data arus lalu-lintas yang terdapat dalam Gambar 4-2 dimasukkan dalam Formulir USIG-I, untuk masing-masing gerakan, data tersebut dimasukkan pada kolom 3, 5, 7 dalam satuan kend/jam. Arus total kend/jam untuk masing-masing gerakan lalu-lintas dimasukkan dalam kolom 9, arus kendaraan tak bermotor, angkanya di masukkan kedalam kolom 12
 - Konversi kedalam smp/jam dilakukan dengan mengalikan emp yang tercatat pada formulir USIG-I (LV : 1,0 ; HV:1,3 ; MC:0,5) dan catat hasilnya pada kolom 4, 6 dan 8. Arus total dalam smp/jam untuk masing-masing gerakan lalu-lintas dimasukkan pada kolom 10.

Hasil perhitungan yang terdapat dalam Formulir USIG-I diperoleh :

- Arus jalan minor total (Q_{MI}) = 362 smp/jam.
- Arus jalan utama total (Q_{MA}) = 2.093 smp/jam.
- Rasio arus jalan minor (P_{MI}) dihitung dengan persamaan (3):

$$P_{MI} = Q_{MI} / Q_{TOTAL}$$
 dimana

$$Q_{MI} = 369 \text{ smp/jam.}$$

$$Q_{TOTAL} = 2.462 \text{ smp/jam.}$$
 Sehingga:

$$P_{MI} = 0,150$$
- Rasio belok kiri dan kanan total (P_{LT} dan P_{RT}) dihitung persamaan (4):

$$P_{LT} = Q_{LT} / Q_{TOTAL} ; P_{RT} = Q_{RT} / Q_{TOTAL}$$
 dimana

$$Q_{LT} = 369 \text{ smp/jam} \quad Q_{RT} = 225 \text{ smp/jam}$$
 sehingga:

$$P_{LT} = 0,059$$

$$P_{RT} = 0,091$$
- Rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor (P_{UM}) dinyatakan dalam kendaraan per/jam dihitung dengan persamaan (5)

$$P_{UM} = Q_{UM} / Q_{TOT}$$
 dimana

$$Q_{UM} = 22 \text{ kend/jam}$$

$Q_{TOT} = 2.719 \text{ kend/jam,}$
sehingga :
 $P_{UM} = 0,01$

3.3. Kondisi lingkungan

1) Kelas Ukuran Kota

Penduduk Kabupaten Pangkep menurut data Badan Pusat Statistik Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan tanggal 12 maret 2020 berjumlah 350.208 jiwa dengan angka pertumbuhan 0,09% per tahun. Berdasarkan dari (tabel 2-10 Kelas ukuran kota), Kabupaten Pangkep dikategorikan **Kecil** dengan jumlah penduduk 350.208 berada pada 0,1 – 0,5 juta.

2) Tipe Lingkungan Jalan

Penentuan tipe lingkungan jalan berdasarkan latar belakang pada Bab 1 butir d dan tabel 2-11 Tipe lingkungan jalan Bab II setelah dilakukan pengamatan terhadap tipe lingkungan jalan di tempat penelitian, maka diambil kesimpulan bahwa daerah tersebut adalah daerah **Komersial**.

3) Kelas hambatan samping

Hambatan samping menunjukkan pengaruh aktivitas samping jalan di daerah simpang pada arus berangkat lalu-lintas, misalnya pejalan kaki berjalan atau menyeberangi jalur, angkutan kota dan bis berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, kendaraan masuk dan keluar halaman dan tempat parkir di luar jalur. Hambatan samping ditentukan secara kualitatif dengan pertimbangan teknik lalu-lintas sebagai Sedang

3.3.1. Kapasitas

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang tak bersinyal adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_0) yaitu pada kondisi tertentu (ideal) dan factor-faktor penyesuaian (F), dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan terhadap kapasitas dihitung berdasarkan persamaan (1) :

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{M1}$$

$$= 3200 \times 1,0184 \times 1,0 \times 0,88 \times 0,94 \times 0,935 \times 1,006 \times 1,13$$

$$= 2.851 \text{ smp/jam}$$

a. Lebar Pendekat dan tipe simpang

1. Lebar pendekat masing-masing W_A , W_C , W_B dan W_D dapat dihitung dengan persamaan (6) sebagai berikut:

$$W_{AC} = (W_A + W_C)/2 ; W_{BD} = (W_B + W_D)/2$$

Sehingga diperoleh;

$$W_A = 0 \quad W_B = 7,0$$

$$W_C = 4,5 \quad W_D = 7,0$$

2. Lebar rata-rata pendekat (W_I) dihitung dengan persamaan (7) sebagai berikut:

$$W_I = (W_A + W_C + W_B + W_D) / \text{Jumlah lengan simpang}$$

Sehingga diperoleh;

$$W_I = (0 + 4,5 + 7,0 + 7,0) / 3$$

$$= 6,2$$

b. Jumlah lajur

Jumlah lajur dapat ditentukan berdasarkan pada Gambar 2-5 dimana:

$$W_{BD} \geq 5,5 \text{ jumlah lajur} = 4$$

$$W_{AC} \leq 5,5 \text{ jumlah laju} = 2$$

c. Tipe Simpang

Tipe simpang ditentukan berdasarkan Tabel 2-12, sehingga diperoleh tipe (IT) simpang 324

- d. Kapasitas Dasar
 Nilai kapasitas dasar diambil dari Tabel 2-13. Variabel masukan adalah tipe simpang IT 324 sehingga diperoleh kapasitas dasar

$$CO = 3200 \text{ smp/jam}$$
- e. Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat
 Penyesuaian lebar pendekat, (F_W), diperoleh dari Gambar 2-6, Variabel masukan adalah lebar rata-rata semua pendekat W , dan tipe simpang IT. atau juga dapat dihitung dengan persamaan dalam Gambar 2-6 sebagai berikut

$$\begin{aligned} F_W &= 0,62 + 0,0646 W_I \\ &= 0,62 + 0,0646 \times 6,2 \\ &= 1,0184 \end{aligned}$$
- f. Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (F_M)
 Faktor penyesuaian median jalan utama diperoleh dengan menggunakan Tabel 2-14, dimana pada lokasi jalan utama tidak memiliki media sehingga;
 $F_M = 1,00$
- g. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota F_{CS}
 Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari Tabel 2-15, Variabel masukan adalah ukuran kota, CS (Kecil) dengan jumlah penduduk berada antara 0,1 – 0,5 juta Sehingga diperoleh;
 $F_{CS} = 0,88$
- h. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan tak Bermotor
 Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor, $FRSU$ dihitung dengan menggunakan Tabel 2-16. Variabel masukan adalah tipe lingkungan jalan RE, kelas hambatan samping SF dan rasio kendaraan tak bermotor UM/MV (dari Formulir USIG-I. Baris 24, Kolom 12) sehingga diperoleh;
 $FRSU = 0,94$
- i. Faktor Penyesuaian Belok-Kiri
 Faktor penyesuaian belok kiri ditentukan dari Gambar 2-7 atau dengan persamaan dalam Gambar 2-7. Variabel masukan adalah belok-kiri, P_{LT} dari Formulir USIG-I Baris 20, Kolom 11, sehingga diperoleh;

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 0,84 + 1,61 P_{LT} \\ &= 0,84 + 1,61 (0,059) \\ &= 0,935 \end{aligned}$$
- j. Faktor Penyesuaian Belok-kanan
 Faktor penyesuaian belok-kanan ditentukan dari Gambar 2-8 serta persamaan dalam Gambar 2-8. Variabel masukan adalah belok-kanan, P_{RT} dari Formulir USIG-I, Baris 22, Kolom 11 sehingga diperoleh;

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1,09 - 0,922 P_{RT} \\ &= 1,09 - 0,922 (0,088) \\ &= 1,006 \end{aligned}$$
- k. Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor
 Faktor penyesuaian jalan minor ditentukan dari Gambar 2-9 serta persamaan dalam Gambar 2-9. Variabel masukan adalah rasio arus jalan minor (P_{MI} , dari Formulir USIG-I Baris 24, Kolom 10) dan tipe simpang IT (USIG-II Kolom 11), diperoleh;

$$\begin{aligned} F_{MI} &= 16,6P_{MI}^4 - 33,3 \times P_{MI}^3 + 25,3 \times P_{MI}^2 - 8,6 \times P_{MI} + 1,95 \\ &= 16,6 \times (0,150)^4 - 33,3 \times (0,150)^3 + 25,3 \times (0,150)^2 - 8,6 \times (0,150) + 1,95 \\ &= 1,125 \end{aligned}$$

3.4. Perilaku lalu-lintas

a. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan dihitung berdasarkan persamaan (9) sebagai berikut;

$$\begin{aligned} DS &= Q_{TOT}/C \\ &= 2.462/2.851 \\ &= 0,863 \end{aligned}$$

b. Tundaan

1) Tundaan lalu-lintas simpang (DT_I)

Tundaan lalu-lintas simpang (DT_I) dapat diperoleh dari Gambar 2-10. Variabel masukan adalah Derajat Kejenuhan (DS) serta persamaan dalam gambar 2-10 sebagai berikut;

$$\begin{aligned} DT &= 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2 \quad \text{untuk } DS > 0,6 \\ &= 1,0504 / (0,2742 - 0,246 \times 0,863) - (1 - 0,863) \times 2 \\ &= 16,22 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

2) Tundaan lalu-lintas jalan utama (DT_{MA})

Tundaan lalu-lintas jalan utama (DT_{MA}) dapat diperoleh dari Gambar 2-11. Variabel masukan adalah Derajat Kejenuhan (DS) serta persamaan dalam gambar 2-10 sebagai berikut;

$$\begin{aligned} DT_{MA} &= 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8 \quad \text{untuk } DS > 0,6 \\ &= 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times 0,865) - (1 - 0,865) \times 1,8 \\ &= 7,61 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

3) Tundaan lalu-lintas jalan minor (DT_{MI})

Tundaan lalu-lintas jalan minor rata-rata, ditentukan berdasarkan tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata. Variabel masukan adalah arus total Q_{TOT} (smp/jam, tundaan lalu-lintas simpang DT_I, arus jalan utama Q_{MA} , tundaan lalu-lintas jalan utama DT_{MA}, dan arus jalan minor Q_{MI} , sebagaimana pada persamaan (10);

$$\begin{aligned} DT_{MI} &= (Q_{TOT} \times DT_I - Q_{MA} \times DT_{MA}) / Q_{MI} \\ &= (2.462 \times 16,22 - 2.093 \times 7,61) / 369 \\ &= 65,04 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

4) Tundaan geometrik simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. dihitung dari dari persamaan (11) ;

Untuk $DS < 1,0$

$$DG = (1 - DS) \times (PT \times 6 + (1 - PT) \times 3) + DS \times 4 \text{ (det/smp)}$$

Untuk $DS > 1,0$: $DG = 4$

5) Tundaan simpang (D)

Tundaan simpang dihitung sebagai mana dalam persamaan (12) sebagai berikut;

$$D = DG + DT_I \text{ (det/smp)}$$

$$= 4 + 16,22$$

$$= 20,22 \text{ det/smp}$$

3.4.1. Peluang antrian

Peluang antrian ditentukan dari Gambar 2-12, variabel masukan adalah hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan, juga dapat di hitung dengan persamaan dalam Gambar 2-12 sebagai berikut;

$$\begin{aligned} 1. \quad QP\% &= 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3 \\ &= 9,02 \times 0,852 + 20,66 \times 0,852^2 + 10,49 \times 0,852^3 \\ &= 29,94 \% \\ 2. \quad QP\% &= 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3 \\ &= 47,71 \times 0,852 - 24,68 \times 0,852^2 + 56,47 \times 0,852^3 \\ &= 63,83 \% \end{aligned}$$

3.5. Pembahasan

1. Akibat dari pergerakan kendaraan dari jalan minor (Jl. Ketimun) pada kondisi eksisting saat ini diperoleh DS sebesar 0,863, peluang antrian 29,94-63,83% ini membuktikan bahwa kinerja jalan pada kondisi eksisting tergolong buruk, sangat berpeluang terjadinya kemacetan pada waktu-waktu tertentu terutama disore hari.
2. Penerapan skenario larangan arus kendaraan berbelok-kanan dari arah Jl. Minor (Jl. Ketimun) menunjukkan perubahan Derajat kejenuhan DS dari 0,863 menjadi 0,689, Kapasitas dari 2852 smp/jam menjadi 3576 smp/jam, ini menunjukkan bahwa arus kendaraan yang berbelok-kanan dari jalan minor (Jl. Ketimun) sangat berpengaruh terhadap kinerja jalan.
3. Rumusan alternatif penanganan jangka menengah, jangka panjang pada jalan utama dan jalan minor (jalan Ketimun) yaitu;
 - 1) Pelebaran jalan Ketimun dari efektif 4,5 meter menjadi minimal 5 - 6 meter.
 - 2) Pembangunan median pada jalan utama serta penataan model parkir di depan rumah makan, pertokoan, serta perkantoran.Dengan skenario penanganan poin 1) dan 2), menunjukkan hasil yang signifikan terhadap Kapasitas existing meningkat menjadi 4427 smp/jam, tingkat Derajat kejenuhan sebesar 0,556.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan diperoleh beberapa kesimpulan :

1. Arus lalu-lintas dari jalan minor (Jl. Ketimun) pada kondisi eksisting saat ini sangat berpengaruh terhadap kinerja jalan hal ini ditunjukkan dengan tingkat derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,863, kondisi eksisting tergolong buruk berpeluang terjadinya kemacetan pada waktu-waktu tertentu terutama disore hari.
2. Skenario larangan arus kendaraan berbelok-kanan dari arah Jl. Minor (Jl. Ketimun) merupakan solusi alternatif yang mudah dengan biaya murah.
3. Alternatif penanganan yang bersifat jangka menengah, jangka panjang diantaranya:
 - a. Pelebaran existing jalan ketimun minimal 5-6 meter
 - b. Pembangunan median pada jalan utama (ruas Pangkep-pare-pare),
 - c. Pengaturan model parkir pada daerah pertokoan, rumah makan serta perkantoran.

V. SARAN

Dari hasil analisa dan pembahasan, maka disarankan:

1. Memasang rambu-rambu lalu-lintas penunjuk arah belok-kiri sebelum masuk ke ruas jalan utama.
2. Pembangunan median pada jalan utama, pelebaran jalan pada jalan minor, serta pengaturan model parkir di depan (pertokoan, rumah makan dan perkantoran).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus, 1997. Departemen Pekerjaan Umum, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jenderal Bina Marga,
- Anonimus, 1990. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990, *Tata Cara Pelaksanaan Survei Lalu Lintas Cara Manual*, No. 016/T/BNKT/1990,
- ALFIA MAGFIRONA, 2017. *Analisis Kinerja Jaringan Jalan di Kawasan Kerten Surakarta*.
- Nataniel Lodar, 2017. *Analisa Dampak Lalu-lintas pada simpang tak bersinyal Jl. Raya Solo-Babarsari dan ruas jalan Solo (Studi Kasus Transmart Maguwo)*
- Jeluddin Daud Jeluddin, Tampubolon Rudolf Eric. (2012); *Analisis Pengaruh Pasar tradisional terhadap Kinerja Ruas Jalan (Studi Kasus : Jalan-Medan-Binjai Km. 9 Pasar Kp. Lalang)*
- Eliser Darma Putra Purba (2016); *Pengaruh Guna Lahan pada Kinerja Lalu-Lintas Jalan Samratulangi Manado*

- Kayori, R.F., et al, 2013, *Analisa Derajat Kejenuhan Akibat Pengaruh Kecepatan Kendaraan Pada Jalan Perkotaan di Kawasan Komersil (Studi Kasus Segmen Jalan Depan Manado Town Square Boulevard Manado)*, Jurnal Sipil Statik Vol. 1 No. 9, halaman 608-615.
- Funan, Gideon Antoni., Remigildus Cornelis., dan Elia Hunggurami, 2014, *Studi Kinerja Jalan Akibat Hambatan Samping Di Jalan Timor Raya Depan Pasar Oesao Kabupaten Kupang*,
- Gea, Manunggal S.A.dan Joni Harianto, 2011, *Analisa Kinerja Ruas Jalan Akibat Parkir Pada Badan Jalan (Studi Kasus: Pasar dan Pertokoan di Jalan Besar Delitua)*.
- Koloway, Barry Setyanto, 2009, *Kinerja Ruas Jalan Perkotaan Jalan Prof. Dr. Satrio*, DKI Jakarta,
- Budi Siswanto, Syafaruddin AS, Eti Sulandari. (2015) ; *Pengaruh Pembangunan Kawasan Perdagangan terhadap Lalu-lintas di Jembatan Landak (Ruko Anggrek Pontianak Jl.Sultan Hamid II)*
- Randy Syaputra, Syukur Sebayang, Dwi Herianto, 2015; *Pengaruh Hambatan Samping terhadap kinerja lalu lintas jalan Nasional (Studi kasus jalan Proklamator Raya-Pasar Bandar jaya Plaza)*
- Ika Dini Suhani, 2012; *Analilis Kinerja Lalu Lintas Akibat Perubahan Tata Guna Lahan (Akibat Pembangunan Mall of Serang)*.
- Rizani, Ahmad., 2013, *Evaluasi Kinerja Jalan Akibat Hambatan Samping (Studi Kasus Pada Jalan Soetoyo S Banjarmasin*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin. Banjarmasin.
- Rohani, 2012, *Analisa Perubahan Kinerja Ruas Jalan Dengan Adanya Penerapan Manajemen Lalu Lintas (studi kasus jalan Saleh Sungkar Kota Mataram)*,
- Tamin, Ofyar Z.,. 2008, *Perencanaan, Permodelan dan Rekayasa Transportasi : Teori, Contoh Soal dan Aplikasi*. Penerbit ITB. Bandung