

Evaluasi Daya Dukung Tanah Pada Perkerasan Jalan Ruas Jalan Lawela - Labalawa Buton Selatan

Ahmad Gasruddin

Program Studi Teknik Sipil Unidayan, Indonesia

agash778@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar daya dukung tanah dasar pada lapisan perkerasan dan mengetahui tebal lapisan perkerasan dengan menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga. Untuk mengetahui nilai CBR atau daya dukung tanah dasar dibutuhkan penggunaan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP). Pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dilakukan secara zig-zag dari STA awal sampai dengan STA akhir dengan jarak pengujian 100 meter per STA. Nilai hasil DCP dihitung berdasarkan total kedalaman penetrasi ujung konus dibagi kumulatif tumbukan. Dari hasil pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) pada ruas jalan Lawela - Labalawa diperoleh nilai CBR sebesar 3,11 % dan nilai daya dukung tanah dasar (DDT) sebesar 3,82. Perhitungan tebal lapisan perkerasan dengan Metode Analisa Komponen Bina Marga untuk umur rencana 10 tahun diperoleh tebal lapis permukaan 5 cm menggunakan laston MS 774.

Kata kunci : Daya Dukung Tanah, CBR, DCP, Perkerasan, Metode Analisa Komponen Bina Marga.

Pendahuluan

Buton Selatan merupakan daerah administratif yang terdiri dari tujuh kecamatan, dimana daerah ini adalah daerah pemekaran Kabupaten Buton sehingga menjadi salah satu Daerah Otonomi Baru sekaligus merupakan daerah penyangga Kota Baubau di Jazirah kepulauan Buton.

Salah satu jalan yang menghubungkan wilayah kabupaten Buton Selatan dengan Kota Baubau adalah ruas jalan Lawela – Labalawa yang masih berada di wilayah Kabupaten Buton Selatan dan merupakan ruas jalan alternative dimana Jalan Poros Baubau – Batauga adalah merupakan jalan utama yang menghubungkan Kabupaten Buton Selatan dan Kota Baubau

Ruas jalan Lawela - Labalawa yang saat penelitian ini dilakukan baru mencapai umur 4 tahun, namun telah mengalami kerusakan di beberapa titik ruas jalan seperti retak, berlubang dan terjadi kegemukan (*bleeding*). Tentu hal ini mempengaruhi kenyamanan pengguna jalan. Oleh karena itu dalam kegiatan ini, peneliti melakukan sebuah pengujian bagaimana dan seperti apa daya dukung tanah dasar terhadap perkerasan jalan existing. Beberapa metode yang bisa digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar salah satunya dengan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP).

Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui nilai CBR tanah dasar secara langsung dilapangan. Metode ini merupakan

alternatif jika pengujian CBR lapangan atau CBR laboratorium tidak dapat dilaksanakan.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh daya dukung tanah dasar terhadap tebal lapisan perkerasan dan mengetahui tebal lapisan perkerasan dengan menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga.

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini pengujian CBR atau daya dukung tanah dasar menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) berdasarkan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 04/SE/M/2010 dan perhitungan tebal lapisan perkerasan dengan menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987. Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan Lawela - Labalawa, Kecamatan Batauga, Kabupaten Buton Selatan.

Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dilakukan secara zig-zag dari STA 0+000 sampai dengan STA 0+500 dengan jarak pengujian 100 meter per STA. Untuk pondasi yang terbuat dari bahan berbutir yang cukup keras, maka harus dilakukan pembacaan kedalaman pada setiap 5 sampai 10 tumbukan.

Hasil dan Pembahasan

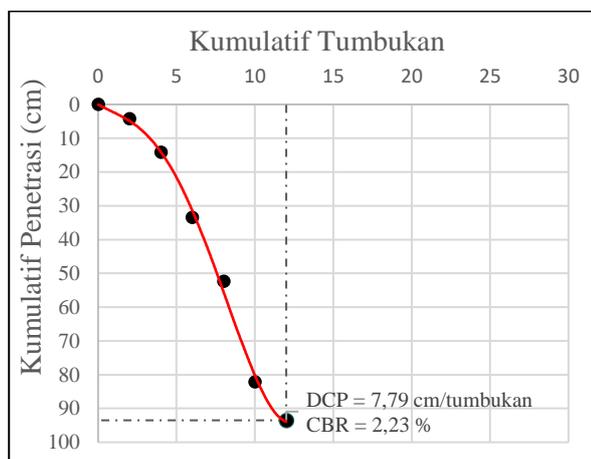
Pengujian DCP pada penelitian dilakukan sebanyak 6 titik pada ruas jalan Lawela -

Labalawa, Kecamatan Batauga, Kabupaten Buton Selatan dari STA 0+000 - STA 0+500 dengan jarak pengujian 100 meter per STA. Data yang diperoleh dari pengujian DCP lapangan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Hasil Pengujian DCP STA 0+000

Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (cm)	Kumulatif Penetrasi (cm)	DCP (cm/tumbukan)	CBR (%)
0	0	4	0		
2	2	8,2	4,2		
2	4	18,1	14,1		
2	6	37,4	33,4	7,79	2,23
2	8	56,3	52,3		
2	10	86,1	82,1		
2	12	97,5	93,5		

Dari Tabel 1 hasil pengujian DCP STA 0+000 juga ditampilkan dalam bentuk Grafik yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini :



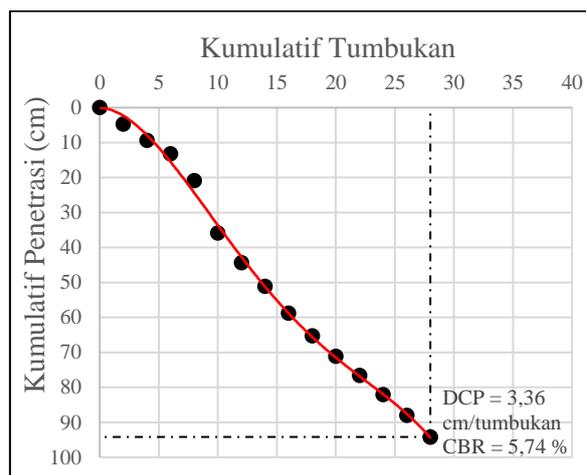
Gambar 1. Grafik Pengujian DCP STA 0+000

Dari Gambar 1 dapat dilihat pada tumbukan ke 12 kumulatif penetrasi ujung konus mencapai kedalaman 93,5 cm. Pada kedalaman ini diperoleh nilai DCP 7,79 cm/tumbukan dan nilai CBR 2,23 %.

Tabel 2. Hasil Pengujian DCP STA 0+100

Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (cm)	Kumulatif Penetrasi (cm)	DCP (cm/tumbukan)	CBR (%)
0	0	2	0		
2	2	6,7	4,7		
2	4	11,4	9,4		
2	6	15,2	13,2		
2	8	22,9	20,9		
2	10	3,9	35,9		
2	12	46,4	44,4		
2	14	5,1	51,1	3,36	5,74
2	16	60,8	58,8		
2	18	67,3	65,3		
2	20	73,1	71,1		
2	22	78,6	76,6		
2	24	84,1	82,1		
2	26	90	88		
2	28	96,2	94,2		

Dari Tabel 2 hasil pengujian DCP STA 0+100 juga ditampilkan dalam bentuk Grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini :



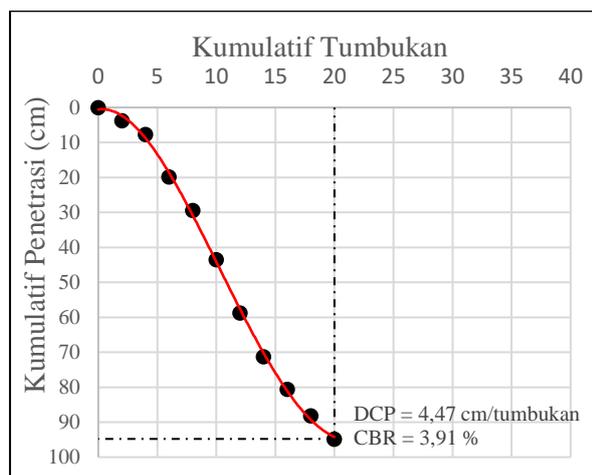
Gambar 2. Grafik Pengujian DCP STA 0+100

Dari Gambar 2 dapat dilihat pada tumbukan ke 28 kumulatif penetrasi ujung konus mencapai kedalaman 94,2 cm. Pada kedalaman ini diperoleh nilai DCP 3,36 cm/tumbukan dan nilai CBR 5,74%.

Tabel 3. Hasil Pengujian DCP STA 0+200

Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (cm)	Kumulatif Penetrasi (cm)	DCP (cm/tumbukan)	CBR (%)
0	0	2,7	0		
2	2	6,5	3,8		
2	4	10,4	7,7		
2	6	22,5	19,8		
2	8	32,1	29,4		
2	10	46,2	43,5	4,74	3,91
2	12	61,5	58,8		
2	14	74	71,3		
2	16	83,3	80,6		
2	18	90,9	88,2		
2	20	97,5	94,8		

Dari Tabel 3 hasil pengujian DCP STA 0+200 juga ditampilkan dalam bentuk Grafik yang dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini :



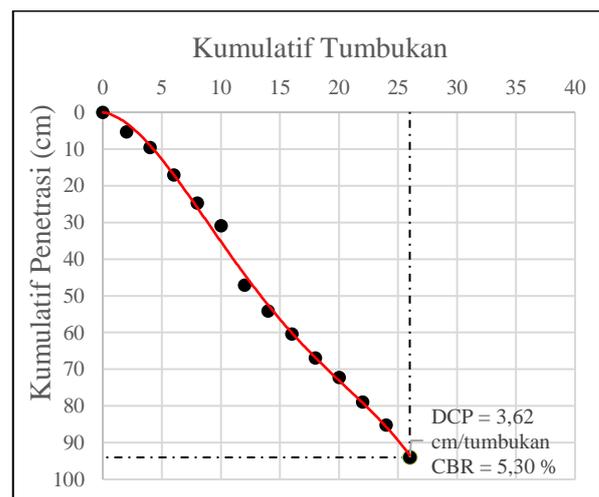
Gambar 3. Grafik Pengujian DCP STA 0+200

Dari Gambar 3 dapat dilihat pada tumbukan ke 20 kumulatif penetrasi ujung konus mencapai kedalaman 94,8 cm. Pada kedalaman ini diperoleh nilai DCP 4,47 cm/tumbukan dan nilai CBR 3,91 %.

Tabel 4. Hasil Pengujian DCP STA 0+300

Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (cm)	Kumulatif Penetrasi (cm)	DCP (cm/tumbukan)	CBR (%)
0	0	2,2	0		
2	2	7,5	5,3		
2	4	11,8	9,6		
2	6	19,3	17,1		
2	8	26,9	24,7		
2	10	33,1	30,9		
2	12	49,3	47,1		
2	14	56,3	54,1	3,62	5,30
2	16	62,6	60,4		
2	18	69,1	66,9		
2	20	74,4	72,2		
2	22	81,1	78,9		
2	24	87,4	85,2		
2	26	96,2	94		

Dari Tabel 4 hasil pengujian DCP STA 0+300 juga ditampilkan dalam bentuk Grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini :



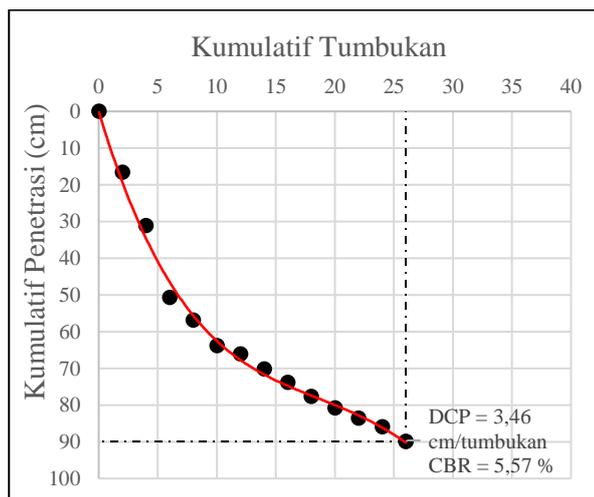
Gambar 4. Grafik Pengujian DCP STA 0+300

Dari Gambar 4 dapat dilihat pada tumbukan ke 26 kumulatif penetrasi ujung konus mencapai kedalaman 94 cm. Pada kedalaman ini diperoleh nilai DCP 3,62 cm/tumbukan dan nilai CBR 5,30 %.

Tabel 5. Hasil Pengujian DCP STA 0+400

Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (cm)	Kumulatif Penetrasi (cm)	DCP (cm/tumbukan)	CBR (%)
0	0	5,4	0		
2	2	22	16,6		
2	4	36,5	31,1		
2	6	56,1	50,7		
2	8	62,3	56,9		
2	10	69,2	63,8		
2	12	71,5	66,1	3,46	5,57
2	14	75,6	70,2		
2	16	79,2	73,8		
2	18	83,1	77,7		
2	20	86,2	80,8		
2	22	89	83,6		
2	24	91,3	85,9		
2	26	95,3	89,9		

Dari Tabel 5 hasil pengujian DCP STA 0+400 juga ditampilkan dalam bentuk Grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini :



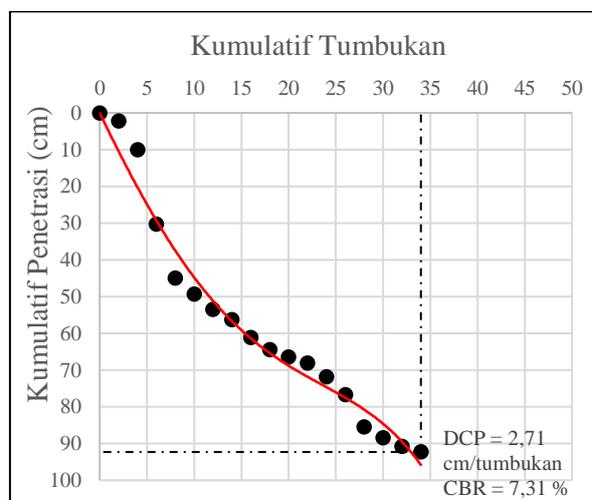
Gambar 5. Grafik Pengujian DCP STA 0+400

Dari Gambar 5 dapat dilihat pada tumbukan ke 26 kumulatif penetrasi ujung konus mencapai kedalaman 89,9 cm. Pada kedalaman ini diperoleh nilai DCP 3,46 cm/tumbukan dan nilai CBR 5,57 %.

Tabel 6. Hasil Pengujian DCP STA 0+500

Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (cm)	Kumulatif Penetrasi (cm)	DCP (cm/tumbukan)	CBR (%)
0	0	3,2	0		
2	2	5,4	2,2		
2	4	13,2	10		
2	6	33,5	30,3		
2	8	48,2	45		
2	10	52,5	49,3		
2	12	56,7	53,5		
2	14	59,5	56,3		
2	16	64,3	61,1		
2	18	67,6	64,4	2,71	7,31
2	20	69,6	66,4		
2	22	71,3	68,1		
2	24	75	71,8		
2	26	79,9	76,7		
2	28	88,7	85,5		
2	30	91,6	88,4		
2	32	94	90,8		
2	34	95,5	92,3		

Dari Tabel 6 hasil pengujian DCP STA 0+500 juga ditampilkan dalam bentuk Grafik yang dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini :



Gambar 6. Grafik Pengujian DCP STA 0+500

Dari Gambar 6 dapat dilihat pada tumbukan ke 34 kumulatif penetrasi ujung konus mencapai kedalaman 92,3 cm. Pada kedalaman ini diperoleh nilai DCP 2,71 cm/tumbukan dan nilai CBR 7,31 %.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Pengujian DCP

STA	DCP (cm/tumbukan)	CBR (%)	CBR (%)		
			Maks.	Min	Rata-Rata
0 + 000	7,79	2,23			
0 + 100	3,36	5,74			
0 + 200	4,74	3,91	7,31	2,23	5,01
0 + 300	3,62	5,30			
0 + 400	3,46	5,57			
0 + 500	2,71	7,31			

Hasil Perhitungan Metode Analisa Komponen Bina Marga

a. Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi

Jumlah jalur pada ruas jalan Lawela - Labalawa adalah 2 jalur 2 arah berdasarkan Tabel 1, sedangkan nilai koefisien distribusi untuk kendaraan ringan digunakan 0,5 dan kendaraan berat digunakan 0,5 berdasarkan Tabel 2.

b. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Karena tidak ada faktor pertumbuhan lalu lintas yang valid, berdasarkan Tabel 3 maka dapat digunakan angka pertumbuhan 3,5 % rata-rata di Indonesia untuk jalan kolektor yang berlaku dari tahun 2015 - 2035.

c. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Hasil survey LHR langsung dilapangan selama 3 hari berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil Survey LHR 2021

Gol. Kendaraan	Jenis Kendaraan	Volume Lalu Lintas				LHR (Kend./Hari)
		Senin	Selasa	Rabu	Total	
1	Motor	1469	1478	1346	4293	1431
2	Sedan dan Station Wagon	257	236	242	735	245
4	Pick Up	94	102	86	282	94
6b	Truck 2 Sumbu (6 Roda)	51	45	48	144	48
Σ LHR 2021		1871	1861	1722	5454	1818

Dari hasil survey LHR 2021, maka LHR pada awal umur rencana dan LHR akhir umur rencana dapat dihitung menggunakan Persamaan (3).

Perhitungan LHR awal umur rencana (tahun 2022) dapat dilihat pada Tabel 9 berikut ini :

Tabel 9. LHR Awal Umur Rencana

Gol. Kendaraan	Jenis Kendaraan	LHR 2021	LHR 2022 (1+i) ⁿ x LHR 2021	LHR (Kend./Hari)
1	Motor	1431	(1+0,035) ¹ x 1431	1481
2	Sedan dan Station Wagon	245	(1+0,035) ¹ x 245	254
4	Pick Up	94	(1+0,035) ¹ x 94	97
6b	Truck 2 Sumbu (6 Roda)	48	(1+0,035) ¹ x 48	50
Σ LHR 2022				1882

Perhitungan LHR akhir umur rencana (tahun 2032) dapat dilihat pada Tabel 10 berikut ini :

Tabel 10. LHR Akhir Umur Rencana

Gol. Kendaraan	Jenis Kendaraan	LHR 2022	LHR 2032 (1+i) ⁿ x LHR 2022	LHR (Kend./Hari)
1	Motor	1481	(1+0,035) ¹⁰ x 1481	2089
2	Sedan dan Station Wagon	254	(1+0,035) ¹⁰ x 254	358
4	Pick Up	97	(1+0,035) ¹⁰ x 97	137
6b	Truck 2 Sumbu (6 Roda)	50	(1+0,035) ¹⁰ x 50	71
Σ LHR 2032				2655

d. Perhitungan Angka Ekuivalen Kendaraan (E)

Dalam perencanaan ini, angka ekuivalen kendaraan golongan 1 motor tidak dimasukkan dalam perhitungan karena beban sumpunya dianggap tidak memberikan pengaruh terhadap struktur lapisan perkerasan (kurang dari 1000 kg). Perhitungan angka ekuivalen kendaraan dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut :

Tabel 11. Hasil Perhitungan Angka Ekuivalen

Jenis Kendaraan	Konfig. Sumbu	Beban Sumbu (kg)		Angka Ekuivalen (E) E Sumbu Depan + E Sumbu Belakang
		Depan	Belakang	
Sedan dan Station Wagon	1.1	1000	1000	0,0002 + 0,0002 = 0,0004
Pick Up	1.1	1000	1000	0,0002 + 0,0002 = 0,0004
Truck 2 Sumbu (6 Roda)	1.2	2822	5478	0,0143 + 0,0175 = 0,0318

e. Perhitungan Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)
 Lintas ekuivalen permulaan dapat dilihat pada Tabel 12 berikut ini :

Tabel 12. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP 2022)

Jenis Kendaraan	LHR 2022	C _j	E _j	LEA = ∑(LHR. C _j . E _j)
Sedan dan Station Wagon	254	0,5	0,0004	0,0508
Pick Up	97	0,5	0,0004	0,0194
Truck 2 Sumbu (6 Roda)	50	0,5	0,0318	0,7950
∑ LEP 2022				0,8652

f. Perhitungan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)
 Lintas ekuivalen akhir dapat dilihat pada Tabel 13 berikut ini :

Tabel 13. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA 2032)

Jenis Kendaraan	LHR 2032	C _j	E _j	LEA = ∑(LHR. C _j . E _j)
Sedan dan Station Wagon	358	0,5	0,0004	0,0716
Pick Up	137	0,5	0,0004	0,0274
Truck 2 Sumbu (6 Roda)	71	0,5	0,0318	1,1289
∑ LEA 2032				1,2279

g. Perhitungan Lintas Ekuivalen Tengah (LET)
 Lintas ekuivalen tengah dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{LET} &= 1/2 \times (\text{LEP} + \text{LEA}) \\ &= 0,5 \times (0,8652 + 1,2279) \\ &= 1,05 \end{aligned}$$

h. Perhitungan Lintas Ekuivalen Rencana (LER)
 Lintas ekuivalen rencana dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{LER} &= \text{LET} \times \text{FP} \\ &= \text{LET} \times (\text{UR}/10) \\ &= 1,05 \times (10/10) \\ &= 1,05 \end{aligned}$$

i. Perhitungan Nilai CBR Segmen
 Nilai CBR segmen dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{CBR}_{\text{segmen}} &= \text{CBR}_{\text{rata-rata}} - \frac{(\text{CBR}_{\text{max}} - \text{CBR}_{\text{min}})}{R} \\ \text{CBR}_{\text{segmen}} &= 5,01 - \frac{(7,31 - 2,23)}{2,67} \\ \text{CBR}_{\text{segmen}} &= 3,11 \% \end{aligned}$$

j. Perhitungan Nilai DDT
 Nilai DDT dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{DDT} &= 4,3 \text{ Log CBR} + 1,7 \\ &= 4,3 \text{ Log } (3,11) + 1,7 \\ &= 3,82 \end{aligned}$$

k. Faktor Regional
 Berdasarkan data curah hujan dari BMKG Stasiun Meteorologi Betoambari, diperoleh jumlah curah hujan pada ruas jalan Lawela - Labalawa tahun 2020 dengan rata-rata 165,53 mm/tahun.

Persentase kendaraan berat pada ruas jalan ini adalah $12,4 \% \leq 30 \%$, dan kelandaian jalan $< 6 \%$, sehingga faktor regional diperoleh 0,5 .

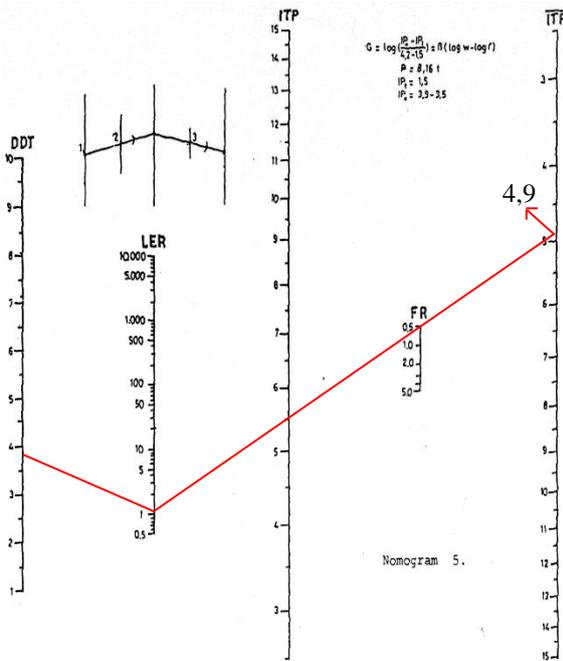
l. Indeks Permukaan (IP)
 Indeks permukaan jalan terbagi atas 2 yaitu Indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) dan Indeks permukaan pada akhir umur rencana (IPt). Indeks permukaan tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

- Indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) pada ruas jalan Lawela - Labalawa direncanakan menggunakan jenis lapisan permukaan dari aspal beton (LASTON). Indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) adalah 3,5-3,9.
- Menurut klasifikasi kelas jalan, ruas jalan Lawela - Labalawa merupakan jalan kolektor dan lintas ekuivalen rencana (LER) 10 tahun sebesar 1,05. Indeks permukaan pada akhir umur rencana (IPt) adalah 1,5.

m. Koefisien Kekuatan Relatif (a)
 Lapis perkerasan yang digunakan dalam perencanaan ini sebagai berikut :

- Lapis permukaan menggunakan Laston MS 744 dengan kekuatan relatif a1 = 0,40
- Lapis pondasi atas menggunakan batu pecah kelas A (CBR 100%) dengan kekuatan relatif a2 = 0,14
- Lapis pondasi bawah menggunakan sirtu/pitrun kelas B (CBR 50%) dengan kekuatan relatif a3 = 0,12

n. Indeks Tebal Perkerasan
 Indeks tebal perkerasan (ITP) digunakan untuk mengetahui tebal minimum lapisan perkerasan. Nilai ITP diketahui dari grafik nomogram dengan menggunakan nilai (IPt = 1,5), (IPo = 3,5-3,9), (DDT = 3,82), (LER = 1,05), dan (FR = 0,5). Nilai indeks tebal perkerasan (ITP) pada ruas jalan Lawela - Labalawa dapat dilihat pada grafik nomogram yang ditampilkan Gambar 7 berikut ini :



Gambar 7. Grafik Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

o. Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan Berdasarkan grafik nomogram diperoleh nilai indeks tebal perkerasan (ITP) 4,9. Maka tebal minimum lapisan perkerasan dapat ditentukan sebagai berikut :

- Tebal minimum lapis permukaan diperoleh nilai D1 = 5 cm.
- Tebal minimum lapis pondasi atas diperoleh nilai D2 = 20 cm.
- Jika menggunakan lapis pondasi bawah maka tebal minimum lapisan perkerasan D3 = 10 cm.

Untuk mengetahui tebal masing-masing dari lapisan perkerasan dapat menggunakan Persamaan berikut ini :

$$ITP = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3$$

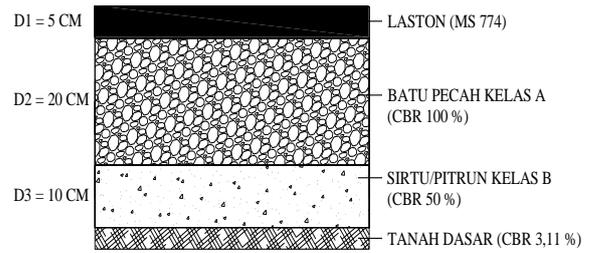
$$4,9 = 0,4 \times 5 + 0,14 \times 20 + 0,12 \times D_3$$

$$4,9 = 4,8 + 0,12 \times D_3$$

$$D_3 = (4,9 - 4,8) / 0,12$$

D3 = 0,83 cm, diambil 10 cm (tebal minimum lapis pondasi bawah)

Susunan tebal lapisan perkerasan pada ruas jalan Lawela - Labalawa dengan umur rencana 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini :



Gambar 8. Susunan Lapisan Perkerasan

Kesimpulan

Dari hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) pada ruas jalan Lawela - Labalawa diperoleh nilai CBR sebesar 3,11 % dari 6 titik pengamatan dan nilai daya dukung tanah dasar (DDT) sebesar 3,82. Daya dukung tanah dasar pada ruas jalan ini tergolong kecil sehingga akan mempengaruhi tebal lapisan perkerasan di atasnya. Hasil perhitungan tebal lapisan perkerasan dengan Metode Analisa Komponen Bina Marga pada ruas jalan Lawela - Labalawa untuk umur rencana 10 tahun diperoleh tebal lapis permukaan 5 cm menggunakan laston MS 774, tebal lapis pondasi atas 20 cm menggunakan batu pecah kelas A (CBR 100 %), dan tebal lapis pondasi bawah 10 cm menggunakan sirtu/pitrun kelas B (CBR 50 %).

Daftar Pustaka

- Burhanuddin, B., & Junaidi, J. (2018). Hubungan Empiris Daya Dukung Tanah Dasar Menggunakan Alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan *California Bearing Ratio* (CBR) Rendaman Untuk Desain Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 553-558.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Menggunakan Metode Analisa Komponen*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). *Pemberlakuan Pedoman Cara Uji California Bearing Ratio (CBR) Dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*. Jakarta: Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No.04/SE/M/2010.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta: Revisi Nomor 04/SE/Dp/2017.

- Masykur, M., & Kurniawan, S. (2017). Analisa Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) Untuk Daya Dukung Tanah Pada Perkerasan *Overlay* (Studi Kasus Ruas Jalan Metro-Tanjungkari STA 7+000 s/d STA 8+000). *Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 7(1), 52-63.
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Nova.