

PERENCANAAN ULANG TEBAL LAPIS PERKERASAN JALAN RUAS MABUUN – SP. EMPAT HARUAI DENGAN MENGGUNAKAN METODE AASHTO'93

Jamaludin¹⁾, Fathurrozi²⁾

jamaludin@gmail.com¹⁾, fathurrozi@poliban.ac.id²⁾

^{1,2)} Jurusan Teknik Sipil/Politeknik Negeri Banjarmasin

Abstrak

Dengan adanya pertumbuhan jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintas pada Ruas jalan Mabuun – Sp. Empat Haruai, masalah tingkat layanan kapasitas dukung konstruksi perkerasan mengalami penurunan. Berdasarkan permasalahan ini perlu dilakukan perencanaan ulang untuk menghitung tebal lapisan perkerasan berdasarkan jumlah beban lintasan kendaraan yang melintas terhadap karakteristik tanah dasar pada ruas jalan Mabuun – Sp. Empat Haruai ini. Perencanaan ulang tebal lapis konstruksi jalan ini bertujuan agar dapat memberikan layanan selama umur rencana hingga tahun 2032, maka berapakah dimensi yang diperlukan untuk masing-masing lapisan perkerasan, yakni lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah. Pada perencanaan ini dilakukan pengamatan langsung di lapangan yaitu ruas jalan Mabuun – Sp. Empat Haruai. Analisa perhitungan ulang dilakukan dengan Metode American Association of State Highway and Transportation Officials 1993 (AASHTO'93). Dari hasil pembahasan diperoleh faktor pertumbuhan lalu lintas (i) 5,668 % pertahun. Pada subgrade diperoleh CBR karakteristik 6,404 %, dengan menggunakan Structural Number (SN) 6, diperoleh D₁ lapis permukaan (Surface) 10 cm, D₂ lapis pondasi atas (Base) 15 cm, dan D₃ lapis pondasi bawah (Sub Base) 61 cm.

Kata Kunci : AASHTO'93, CBR, Lapis Permukaan, LHR

1. PENDAHULUAN

Perencanaan ulang tebal lapis perkerasan jalan ini berlokasi di Kabupaten Tabalong pada ruas Mabuun – SP. Empat Haruai menuju provinsi Kalimantan Timur. Ruas jalan yang direncanakan ulang ini merupakan jalan Nasional.

Kementerian Pekerjaan Umum tentang desain perkerasan jalan dimana sebelumnya perencanaan konstruksi jalan menggunakan Metode Analisa Komponen. Pada tanggal 20 Maret 2012, terbit Keputusan Direktur Jendral Bina Marga Nomor 22.2/ KPTS/Db/2012, yang menganjurkan untuk setiap Perencanaan Desain Perkerasan Jalan [3] dianjurkan menggunakan Metode AASHTO'93. Masalahnya adalah bagaimana cara

melakukan perhitungan perencanaan tebal perkerasan dengan menggunakan metode AASHTO '93 ini. Oleh karenanya dalam perencanaan ulang ini dicoba menghitung perencanaan ulang tebal lapisan perkerasan jalan dengan menggunakan Metode AASHTO '93.

Perhitungan perencanaan ulang ini bertujuan untuk mendapatkan dimensi tebal lapis perkerasan jalan, yaitu dimensi tebal lapis permukaan (*surface*), dimensi tebal lapis pondasi atas (*base*) dan dimensi tebal lapis pondasi bawah (*subbase*), perhitungan perencanaan dimensi tebal perkerasan ini disesuaikan dengan umur rencana jalan, dan berdasarkan intensitas jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) kendaraan yang melintas pada ruas jalan Mabuun – SP. Empat Haruai.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Studi Literatur

2.1.1 Perencanaan Tebal Perkerasaan Metode AASHTO 93'

Metode AASHTO 93 ini pada dasarnya adalah metode perencanaan yang didasarkan pada metode empiris. Parameter yang dibutuhkan pada perencanaan menggunakan metode AASHTO 93 ini antara lain adalah :

- a. Structural Number (SN)
- b. Lalulintas
- c. Realibility
- d. Faktor lingkungan
- e. Serviceblity [1]

2.1.2 Structural Number

Structural Number (SN) merupakan fungsi dari ketebalan lapisan, koefisien relatif lapisan (*layer coefficients*), dan koefisien drainase (*drainage coefficients*). Persamaan untuk *Structural Number (AASHTO'93)*, adalah sebagai berikut :

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (1)$$

Dimana :

- a_1, a_2, a_3 = nilai *Structural Number*.
 D_1, D_2, D_3 = koefisien relatif masing – masing lapisan
 m_1, m_2, m_3 = koefisien drainase masing – masing lapisan

2.1.3 Lalulintas

Prosedur perencanaan untuk parameter lalulintas (AASHTO'93) didasarkan pada komulatif beban gandar standar ekivalen (*Cumulative Equivalent Standard Axle, CESA*). Perhitungan untuk *CESA* ini didasarkan pada konversi lalulintas yang lewat terhadap beban standar 8,16 kN dan mempertimbangkan umur rencana, volume lalulintas, faktor distribusi lajur, serta faktor bangkitan lalulintas (*growth factor*).

2.1.4 Reliability

Konsep *reliability* untuk perencanaan di dasarkan (AASHTO'93) pada beberapa ketidaktentuan (*uncertainties*) dalam proses perencanaan untuk meyakinkan alternatif - alternatif berbagai perencanaan. Tingkatan *reliability* ini yang digunakan tergantung pada volume lalulintas klasifikasi jalan yang akan direncanakan maupun ekspektasi dari pengguna jalan. *Reliability* didefinisikan kemungkinan bahwa tingkat pelayanan dapat tercapai pada tingkatan tertentu dari sisi pandangan para pengguna jalan sepanjang umur yang direncanakan. Secara garis besar pengaplikasian dari konsep *reliability* adalah sebagai berikut :

- a. Hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan klasifikasi dari ruas jalan yang akan direncanakan. Klasifikasi ini mencakup apakah jalan tersebut adalah jalan dalam kota (*urban*) atau jalan antar kota (*rural*).
- b. Tentukan tingkat *reliability* yang di butuhkan. Semakin tinggi tingkat *reliability* yang dipilih, maka akan semakin tebal lapisan perkerasaan yang dibutuhkan.
- c. Satu nilai standar deviasi (S_o) harus di pilih. Nilai ini mewakili dari kondisi – kondisi lokal yang ada. Berdasarkan data dari jalan percobaan, ditentukan nilai S_o sebesar 0,25 untuk rigid dan 0,35 untuk *flexible pavement (AASHTO 93)*.

2.1.5 Faktor Lingkungan

Pengaruh jangka panjang dari temperatur dan kelembaban pada penurunan *serviceability* yang menarik dari faktor lingkungan ini adalah pengaruh dari kondisi *swell* dan *frost heave* di pertimbangkan, maka penurunan *serviceability* diperhitungkan selama masa analisis yang kemudian berpengaruh pada umur rencana perkerasaan (AASHTO 93).

Penurunan *serviceability* akibat *roadbed swelling* tergantung juga pada konstanta *swell*, *probabilitas swell*.

2.1.6 Serviceability

Serviceability merupakan tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang kemudian dirasakan oleh pengguna jalan (AASHTO'93). Untuk *serviceability* ini parameter utama yang dipertimbangkan adalah nilai *present serviceability index (PSI)*. Nilai *serviceability* ini memberikan dalam beberapa tingkatan antara lain :

- Untuk perkerasan yang baru dibuka (*open traffic*) nilai *serviceability* ini diberikan sebesar 4.0 – 4.2. nilai ini dalam terminologi perkerasan diberikan sebagai nilai initial *serviceability (Po)*
- Untuk perkerasan yang harus dilakukan perbaikan pelayanannya, nilai *serviceability* ini diberikan sebesar 2.0. nilai ini dalam terminologi perkerasan diberikan sebagai nilai terminal *serviceability (Pt)*
- Untuk perkerasan yang sudah rusak dan tidak bisa dilewati, maka nilai *serviceability* ini akan diberikan sebesar 1.5. nilai ini di berikan dalam terminologi *failure serviceability (Pf)*.

2.1.7 Tingkat Pertumbuhan Lalulintas

Data LHR (lalulintas harian rata – rata) yang ada dapat diketahui pertumbuhan LHR sampai tahun umur rencana (%). Dengan rumus :

$$\frac{B - A}{A} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan :

B = Total LHR pada tahun sesudahnya;

A = Total LHR pada tahun sebelumnya [2][6]

2.1.8 Analisa Pertumbuhan LHR

Persamaan dapat diketahui pertumbuhan LHR sampai 20 tahun (minimal umur rencana) dengan menggunakan tahun awal sebagai tahun ke-0. Rumus Dasar Analisa Pertumbuhan :

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad (3)$$

Keterangan :

P_o = Data LHR total tahun terakhir;

r = jumlah rata analisa pertumbuhan (%);

n = Nomor tahun

2.1.9 Angka Ekuivalen (AE) Atau CESA

Berdasarkan tabel Angka Ekuivalen AASHTO'93, dengan berat pergolongan kendaraan. Ipt dan SN yang sudah ditentukan.

D	A
Berat kendaraan	AE
C	B

Gambar 1. Tabel Angka Ekuivalen

$$AE = A + \left(\frac{B-A}{C-D}\right) \times (\text{Berat kendaraan} - D) \quad (4)$$

Keterangan : nilai A ,B ,C dan D diambil berdasarkan Angka Ekuivalen standar.

2.1.10 CBR Lapangan

Panjang rencana jalan harus dibagi dalam segmen-segmen yang seragam (AASHTO'93):

- Apabila data yang cukup *valid* tersedia (minimal 8 data pengujian per seragam yang dianggap seragam), kumpulan data *CBR* segmen tersebut harus mempunyai koefesien variasi maksimum 25% (standar deviasi/nilai rata-rata) dan nilai tanah dasar karakteristik di tentukan dengan persamaan berikut : *CBR* karakteristik = $CBR \text{ rata}^2 - 1.3 \times \text{standar deviasi}$
- Bila data tidak cukup tersedia, penentuan segmen seragam dilakukan melalui gabungan data *DCP* dan penilaian visual.

Nilai *CBR* karakteristik adalah nilai minimum dari : Data *CBR* laboratorium rendaman 4 hari, atau Data *DCP*, atau Nilai *CBR* asumsi (AASHTO'93).

Apabila digunakan data defleksi maupun *DCP* untuk kondisi tanah yang tidak jenuh, maka diperlukan perhitungan koreksi untuk variasi kelembaban musiman. Apabila tidak tersedia data, dan kelas jalan relatif rendah maka dapat digunakan faktor koreksi sebagai berikut : 1,3 (untuk defleksi) dan 0,7 (untuk *CBR* dari uji *DCP*).

Rumus Dasar Menentukan CBR Karakteristik (AASHTO'93):

$$N = \sum f \tag{4}$$

$$X_r = \sum f \cdot X / \sum f \tag{5}$$

$$S^2 = (\sum f (X-X_r)^2 / \sum f) \tag{6}$$

$$S = \sqrt{S^2} \tag{7}$$

CBR karakteristik = CBR rata²-0,7standar deviasi

Keterangan :

X = nilai CBR hasil pengujian alat DCP;

F = jumlah nilai yang sama;

$\sum f$ = jumlah hasil nilai yang sama;

$\sum f \cdot X$ = jumlah hasil dari perkalian f dan X;

$\sum f (X-X_r)^2$ = jumlah hasil dari perkalian f dengan(X-X_r)²;

S = hasil nilai standar deviasi [5]

2.1.11 Beban Sumbu Selama Umur Rencana (W₁₈)

Rumus dasar beban sumbu selama umur rencana (AASHTO'93):

$$N = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \tag{8}$$

$$W_{18} = \sum LHR \times D_A \times D_L \times 365 \times N \tag{9}$$

Keterangan :

$\sum LHR$ = Jumlah LHR awal;

D_A = Faktor distribusi arah;

D_L = Jumlah ESAL;

N = Faktor umur rencana;

i = jumlah pertumbuhan lalulintas (%);

UR = umur rencana jalan

2.1.12.Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO '93

$$\log_{10} \cdot w_{18} = Z_R \cdot S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log 10 \left[\frac{P_o - P_t}{P_o - 1P_f} \right]}{0,40 + \frac{1094}{SN + 1^{5,19}}} + 2.23 \log_{10} \cdot Mr - 8.70 \tag{10}$$

Dimana :

w₁₈ = Komulatif beban gandar standar selama umur perencanaan (CESA);

Z_R = Standard Normal Deviate;

S_o = *Combiened standard error* dari prediksi lalulintas dan kinerja;

SN = *Stuctural Number*;

P_o = *Initial serviceabilty*;

P_t = *Terminal serviceability*;

P_f = *Failure serviceability*;

Mr = Moduluus resilien (*psi*).

2.1.13 Tebal Perkerasan

Berdasarkan tebal minimum lapis permukaan berbeton aspal dan lapis pondasi agregat. Lapis pondasi bawah (*subbase coarse*) seperti penampang lapisan perkerasan (AASHTO'93) dapat di peroleh dimensi tebal lapisan perkerasan yang dikehendaki. Dengan rumus dasar :

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + + a_3 D_3 m_3 \tag{11}$$

$$D_3 = \frac{SN - (a_1 \times D_1) - (a_2 \times D_2 \times m_2)}{(a_3 \times m_3)} \tag{12}$$

Keterangan : a₁= koefisien surface; a₂= koefisien base; a₃= koefisien sub base; D₁= lapis permukaan (*surface coarse*); D₂= lapis pondasi atas (*base coarsse*); m₂= koefisien drainase lapis pondasi atas; m₃= koefisien drainase lapis pondasi bawah

Ketentuan perencanaan menurut AASHTO 1993

$$D^*_{*1} \geq \frac{SN_1}{a_1} \tag{13}$$

$$SN^*_{*1} = a_1 D^*_{*1} \geq SN_1 \tag{14}$$

$$D^*_{*2} \geq \frac{SN_1 - SN^*_{*1}}{a_2} \tag{15}$$

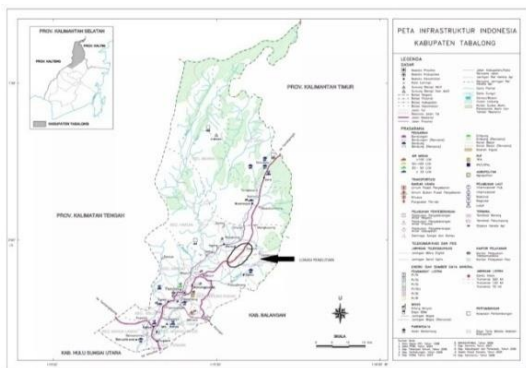
$$SN^*_{*1} + SN^*_{*2} \geq SN_2 \tag{16}$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3} \quad (17)$$

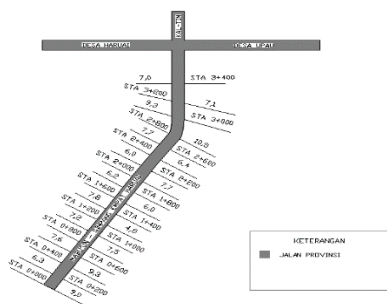
Dimana : a_i = korfisien layer masing – masing lapisan.; D_i = tebal masing – masing lapisan; SN_i = *structural number* masing –masing lapisan. [4]

2.1.14 Lokasi

Pengambilan data dilakukan langsung di lapangan dengan melakukan pencatatan frekwensi unit kendaraan lalu lintas yang melintas pada post pengamatan. Lokasi pengamatan penelitian ini di Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan, yaitu pada ruas jalan Mabuun – Simpang Empat Haruai seperti terlihat pada peta Gambar 2 dan Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 2 Peta Lokasi Penelitian



Gambar 3. Stationing titik pengamatan DCP

2.1.15 Perencanaan Tebal Perkerasan

Langkah – langkah perencanaan dengan metode AASHTO '93 adalah sebagai berikut:

a. Tentukan lalu lintas rencana yang akan di akomodasi di dalam perencanaan tebal perkerasan. Lalu litas rencana ini

jumlahnya tergantung dari komposisi lalu lintas, volume lalu lintas yang lewat, beban aktual yang lewat, serat faktor bangkitan lalu lintas serta jumlah lajur yang di rencanakan. Semua parameter tersebut akan dikonversikan menjadi kumulatif beban gandar standar ekivalen (*Cummulative Equivalent Standard Axle, CESA*).

- b. Hitung *CBR* dari tanah dasar yang mewakili untuk ruas jalan ini, *CBR* representatif dari suatu ruas jalan yang direncanakan ini tergantung dari klasifikasi jalan yang di rencanakan. Pengambilan dari data *CBR* untuk perencanaan jalan biasanya dibagi atas segmen – segmen yang mempunyai nilai *CBR* yang relatif sama. Dari nilai *CBR* representatif ini kemudian diprediksi modulus elastisitas $E = 1500$ *CBR* (psi). Dimana : *CBR* = nilai *CBR* representatif (%) dan E = modulus elastisitas tanah dasar (psi)
- c. Kemudian tentukan besaran – besaran fungsional dari sistem perkerasan jalan yang ada seperti *Initial Persent Serviceability Index (Po)*, *Terminal Serviceability Index (Pt)*, dan *Failure Serviceability Index (Pf)*. Masing – masing besaran ini nilainya tergantung dari klasifikasi jalan yang akan direncanakan antara lain *urban road, country road*, dll.
- d. Setelah itu tentukan *Realbilty* dan standard normal deviate. Kedua besaran ini di tentukan berdasarkan beberapa asumsi antara lain tipe perkerasan dan juga klasifikasi jalan.
- e. Menggunakan data lalu lintas, modulus elastisitas tanah dasar serta besaran – besaran fungsional Po , Pt , dan Pf serta *realbilty* dan *standard normal deviate* kemudian bisa di hitung *Structural Number* yang dibutuhkan untuk mengakomodasi lalu lintas rencana. Perhitungan ini bisa menggunakan grafik pada gambar 4 atau juga bisa menggunakan rumus AASHTO 1993 seperti yang diberikan pada persamaan 2 di atas.

Tabel 1 Data LHR Mabuun-Sp.4 Haruai per jenis kendaraan

Tahun	Golongan Kendaraan (dua arah)												total Kend/ hari
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8	
2010	4022	873	378	609	16	12	302	302	0	0	4	48	6264
2011	3270	685	189	457	40	13	459	459	23	1	4	74	5215
2013	8040	665	982	498	298	16	891	356	30	14	144	0	11394
2014	5587	620	920	457	225	7	678	52	29	7	76	0	8658
2015	4228	533	533	54	43	36	39	417	53	32	27	53	5515

Tabel 2 Data lalulintas harian rata-rata Mabuun-Sp.4 Haruai per satuan mobil penumpang (s.m.p)

Tahun	Golongan Kendaraan (dua arah)												total Kend/ hari
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8	
emp	0,5	1	1	1,3	2	2	1,3	1,3	3	3	3	0	
2010	2011	873	378	797,1	32	24	393,6	393,6	0	0	12	0	4451,3
2011	1635	685	189	594,1	80	26	596,7	596,7	69	3	12	0	3889,8
2013	4020	665	982	647,1	596	32	1158	462,8	90	42	432	0	9127,5
2014	2793,5	620	920	594,1	450	14	881,4	67,4	87	21	228	0	6676,6
2015	4114	533	285	70,2	86	72	50,7	542	159	96	81	0	4088,9

f. Langkah selanjutnya adalah menentukan bahan pembentuk lapisan perkerasan. Masing – masing tipe bahan perkerasan mempunyai koefisien layer yang berbeda, penentuan koefisien layer ini didasarkan pada beberapa hubungan yang telah di berikan oleh *AASHTO 1993*.

g. Menggunakan koefisien layer yang ada kemudian dihitung tebal lapisan (1) diatas dengan mengambil koefisien drainase tertentu yang didasarkan pada tipe pengaliran yang ada.

Kemudian didapat tebal masing – masing lapisan. Metode *AASHTO 1993* memberikan rekomendasi untuk memeriksa kemampuan masing – masing lapisan untuk menahan beban yang lewat.

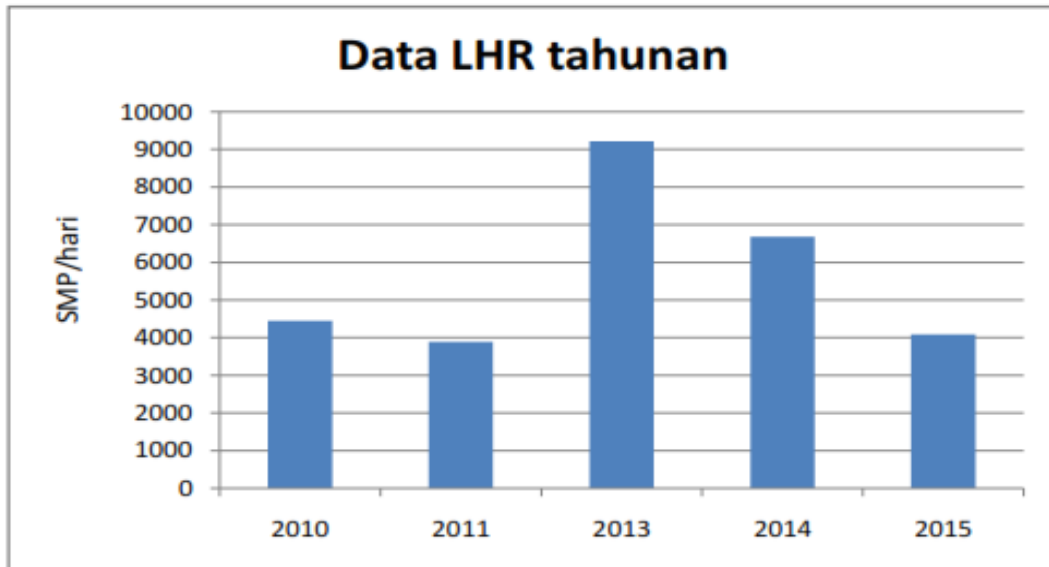
$$J(c_k) = \sum_{k=1}^k \sum_{x_i \in c_k} (x_i - \mu_k)^2 \quad (18)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

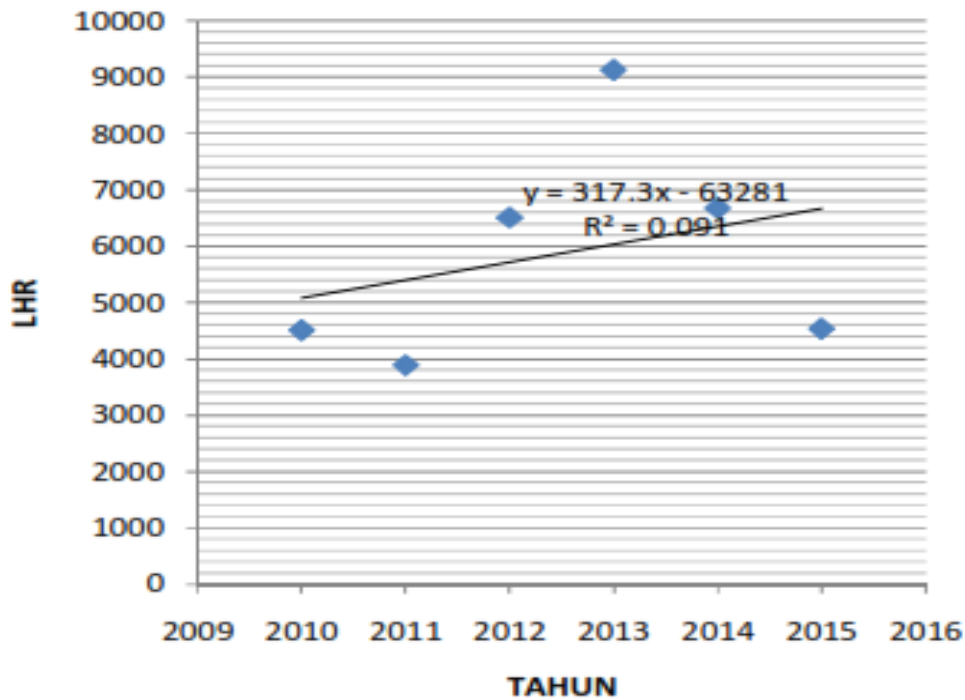
3.1 Hasil

3.1.1 Data Lalulintas

Prediksi arus lalu lintas yang akan melewati jalan SP. Empat Haruai – Batu Babi berdasarkan data LHR. LHR digunakan untuk menentukan jumlah jalur, jumlah lajur, lebar perkerasan serta bahu jalan pada ruas jalan yang akan direncanakan, untuk perkerasan ini yaitu jalan Mabuun - SP. Empat Haruai, berikut adalah data LHR tahun 2010-2015 diperlihatkan seperti Tabel 1 ini. Dalam perhitungan pertumbuhan LHR harus di gunakan data LHR dalam satuan SMP (Satuan Mobil Penumpang) dengan cara mengalihkan data – data di atas dengan EMP (Ekuivalen Mobil Penumpang) masing – masing kendaraan dengan mengacu pada MKJI 1997 (jalan luar kota) dapat dilihat seperti Tabel 2



Gambar 4. Grafik lalu lintas rata-rata tahunan



Gambar 5 Grafik pertumbuhan lalulintas rata-rata

Keterangan : Golongan 1: *MC* (sepeda motor); Golongan 2: *LV* (sedan jeep); Golongan 3: oplet, pick up, combi dan minibus); Golongan 4: *MHV* (mikro truck dan mobil hantaran); Golongan 5: bus (*small, large*); Golongan 6: *truck 2 As*; Golongan 7: *truck 3 As* atau lebih, *trailer, truck* gandengan; Golongan 8: kendaraan tidak bermotor; Pada data LHR tahun 2010, 2011, 2013, 2014, 2015 data

diklasifikasikan lebih rinci pada golongan 5 menjadi bus besar dan bus kecil, golongan 6 menjadi *truck 2 as 2xa* dan *2xb*, golongan 7 menjadi *truck 3 as 3xa, 3xb, 3xc*.

3.1.2 Lalulintas Harian Rata – Rata tahunan

Lalulintas harian rata-rata tahunan: dalam satuan mobil penumpang ditampilkan seperti tabel 3 di bawah ini

Tabel 3 LHR Tahunan

Tahun	LHR SMP/hari
2010	4451,3
2011	3889,8
2013	9217,5
2014	6674,6
2015	4088,9

Secara grafis, data lalulintas harian rata-rata tahunan dalam satuan mobil penumpang ditampilkan seperti gambar 4 ini. Pada gambar 4 memperlihatkan lalu lintas harian rata-rata tertinggi terjadi pada tahun 2013, sedangkan lalu lintas harian rata-rata terendah terjadi pada tahun 2011.

3.1.3 Tingkat Pertumbuhan Lalulintas

Pertumbuhan lalulintas diperhitungkan dengan metode linier rata-rata maka didapat angka pertumbuhan lalulintas rata-rata 28,34% per tahun seperti terlihat pada tabel 4 dan secara grafis diperlihatkan pada gambar 5.

Pertumbuhan lalu-lintas harian rata rata pada ruas jalan Mabuun – Sp. Empat Haruai dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2015sangatlah bervariasi. Maka dari bentuk yang variatif ini dibuatv rata-rata pertumbuhan pertahun rata-rata 5,668 %, seperti terlihat pada gambar 5.

Tabel 4 Data Pertmbuhan Lalulintas

Tahun	TOTAL LHR	Pertumbuhan (%)
2010	4514,3	
		-13,83
2011	3889,8	
		67,33
2012	6508,7	
		40,24
2013	9127,5	

		-26,85
2014	6676,6	
		-38,75
2015	4088,9	
	jumlah	28,34
	rata - rata	5,668 %

3.2 Pembahasan

3.2.1 Analisa pertumbuhan lalulintas

Rumus dasar analisa pertumbuhan lalulintas $P_n = P_o (1 + r)^n$; Dari data di atas diperoleh :r = 5,668 %; maka diperoleh persamaannya; $P_n = 4088,9 (1 + 0,05668)^n$ Dari persamaan persamaan tersebut dapat diketahui pertumbuhan LHR sampai tahun 2037 dengan menggunakan tahun 2015 sebagai tahun ke-0 seperti dalam tabel 5.

Tabel 5 Analisa Pertumbuhan LHR

No	n	Tahun	Pertumbuhan
1	0	2015	4088,900
2	1	2016	4320,658
3	2	2017	4565,553
4	3	2018	4824,329
5	4	2019	5097,772
6	5	2020	5386,714
7	6	2021	5692,033
8	7	2022	6014,657
9	8	2023	6355,568
10	9	2024	6715,801
11	10	2025	7096,453
12	11	2026	7498,680
13	12	2027	7923,705
14	13	2028	8372,821
15	14	2029	8847,392
16	15	2030	9348,863
17	16	2031	9878,756
18	17	2032	10438,684

19	18	2033	11030,349
20	19	2034	11655,549
21	20	2035	12316,186
22	21	2036	13014,267
23	22	2037	13751,916

3.2.2 Beban Sumbu Roda Kendaraan

Untuk menghitung beban sumbu roda kendaraan masing-masing jenis kendaraan, dihitung sebagai berikut:

Kendaraan ringan 2 ton (1 + 1)= 533 buah
Roda Depan (STRT) = 50% x 2 ton = 1 ton
Roda Belakang (STRT) = 50% x 2 ton = 1 ton

Kendaraan bus 9 ton (3 + 6) = 79buah
Roda Depan (STRT) = 34% x 9 ton = 3 ton
Roda Belakang (STRG) = 66% x 9 ton = 6 ton

Truck low 1 as 8,3 ton (3 + 6) = 39buah
Roda Depan (STRT) = 34% x 8,3 ton = 3 ton
Roda Belakang (STRG)=66% x 8,3 ton = 6 ton

Truck High 2 as 18,2 ton (6 + 12)=417 buah
Roda Depan (STRT) = 34% x 18,2 ton = 6 ton
Roda Belakang (STRG)= 66% x 18,2ton=12 ton

Truck 3 as 25 ton (6 + 19)= 53buah
Roda Depan (STRT)= 25% x 25 ton = 6 ton
Roda Belakang (STRG)=75% x 25 ton = 19 ton

Truck Gandeng 25 ton (5+7+7+7)=32 buah
Roda Depan (STRT)= 18% x 25 ton = 5 ton
Roda Belakang (STRG)= 28% x 25 ton = 7 ton
Roda Belakang (STRG)= 27% x 25 ton = 7 ton
Roda Belakang (STRG)= 27% x 25 ton = 7 ton

Trailer 42 ton (7,56 + 12 + 23) = 27 buah
Roda Depan (STRT)= 18% x 42 ton = 7,56 ton
Roda Belakang (STRG)=28% x 42 ton =12 ton
Roda Belakang (STRG)=54 % x 42 ton=23 ton

3.2.3 Menghitung Angka Ekuivalen (AE) atau CESA

Gunakan tabel Angka Ekuivalen berdasarkan AASHTO '93 untuk $I_{pt} = 2,0$ dan $SN = 6$

Kendaraan Ringan (1+1) = $0,0004+0,0004 = 0,0008$

Interpolasi untuk beban 1 ton (sumbu tunggal)

0,90 0,0002

1,00 AE

1,80 0,0020

$$AE_{(1)} = 0,0002 + \left(\frac{0,002-0,0002}{1,80-0,9} \right) \times (1,00-0,90)$$

$$AE_{(1)} = 0,0004$$

Analogi perhitungan berikutnya :

Kendaraan bus (3+6)

sumbu tunggal $AE_{(3)} = 0,01567$

sumbu tunggal $AE_{(6)} = 0,27667$

Kendaraan Truck Low 1 as (3 + 6)

sumbu tunggal $AE_{(3)} = 0,01567$

sumbu tunggal $AE_{(6)} = 0,27667$

Kendaraan Truck High 2 as (6 + 12)

sumbu tunggal $AE_{(6)} = 0,27667$

sumbu tunggal $AE_{(12)} = 5,58333$

Kendaraan Truck 3 as (6 + 19)

sumbu tunggal $AE_{(6)} = 0,27667$

sumbu tunggal $AE_{(9)} = 2,76778$

Kendaraan Truck Gandeng (5 + 7 + 7 + 7)

sumbu tunggal $AE_{(5)} = 0,12711$

sumbu tunggal $AE_{(7)} = 0,53711$

Kendaraan Trailer (7,56 + 12 + 23)

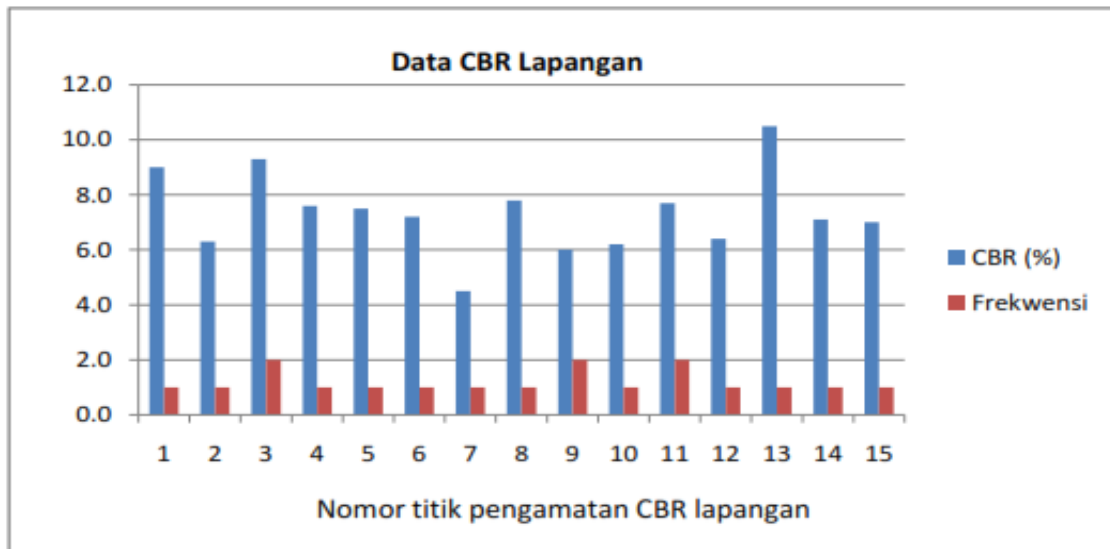
sumbu tunggal $AE_{(7,56)} = 0,646$

sumbu tunggal $AE_{(12)} = 5,58333$

sumbu tunggal $AE_{(2,3)} = 6,35889$

3.2.4 Menentukan CBR karakteristik

Data CBR lapangan yang diperoleh dari pemeriksaan DCP, seperti tabel 6 di bawah ini.



Gambar 6 Grafik pengamatan data CBR lapangan

Tabel 6 Data CBR lapangan

No	CBR (%)	Jumlah yang sama
1	9,0	1
2	6,3	1
3	9,3	2
4	7,6	1
5	7,5	1
6	7,2	1
7	4,5	1
8	7,8	1
9	6,0	2
10	6,2	1
11	7,7	2
12	6,4	1
13	10,5	1
14	7,1	1
15	7,0	1

Secara grafis data CBR lapangan yang diperoleh dari pemeriksaan DCP, diperlihatkan seperti gambar 6 berikut ini. Nilai CBR lapangan yang diperoleh dari titik pengamatan 1 sampai dengan titik pengamatan 15 sangat variatif. CBR lapangan tertinggi sebesar 10,5 % dengan frekwensi satu dan yang terendah ada pada titik pengamatan 7 sebesar 4,5%.

Nilai tanah dasar karakteristik ditentukan dengan persamaan berikut : CBR Karakteristik = CBR rata² - 1,3 x standar deviasi. Untuk menentukan standar deviasi, dilakukan

perhitungan dengan metode statistik, terlihat seperti tabel 7.

$$N = \sum f = 18; X_r = \frac{\sum f \cdot X}{\sum f} = 7,394$$

$$S^2 = \frac{(\sum f (X - X_r)^2)}{\sum f} = 2,002; S = \sqrt{S^2} = 1,414$$

$$CBR \text{ rata} = \frac{133,1}{18} = 7,394; \text{ CBR karakteristik} = CBR \text{ rata}^2 - 0,7 \text{ standar deviasi}; = 7,394 - 0,7 \times 1,414 = 6,404 \%$$

3.2.5 Menghitung Beban Sumbu Selama Umur Rencana (W_{18})

Faktor Distribusi Arah = 0,5; Faktor Distribusi Lajur = 1,0; Umur Rencana = 22 tahun; Faktor Pertumbuhan Lalulintas (i)=5,668% pertahun; Didapat Faktor Umur Rencana (N)= 41,69; $N = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i}$; perhitungan beban selama umur rencana ditampilkan seperti tabel 8.

Tabel 7 perhitungan standar deviasi *CBR* lapangan

No	X	f	f.X	X-Xr	(X-Xr) ²	f.(X-Xr) ²
1	9,0	1	9,0	1,606	2,579	2,579
2	6,3	1	6,3	-1,094	1,196	1,196
3	9,3	2	18,6	1,906	3,632	7,264
4	7,6	1	7,6	0,206	0,042	0,042
5	7,5	1	7,5	0,106	0,011	0,011
6	7,2	1	7,2	-0,194	0,037	0,037
7	4,5	1	4,5	-2,894	8,375	8,375
8	7,8	1	7,8	0,406	0,164	0,164
9	6,0	2	12,0	-1,394	1,943	3,886
10	6,2	1	6,2	-1,194	1,426	1,425
11	7,7	2	15,4	0,3,6	0,093	0,186
12	6,4	1	6,4	-0,994	0,988	0,988
13	10,5	1	10,5	3,106	9,647	9,647
14	7,1	1	7,1	-0,294	0,086	0,086
15	7,0	1	7,0	-0,394	0,155	0,155
Σ	110,1	18	133,1			36,041

Tabel 8 Perhitungan beban sumbu selama umur rencana

Jenis Kendaraan	Beban Sumbu	ESAL	LHR Awal tahun 2015	Faktor UR 22 tahun	W18 tahun 2037
Kendaraan Ringan	(1+1) ton	0,0008	533	41,69	3244,232
Kendaraan Bus	(3+6) ton	0,29233	79	41,69	175711,503
Truck Low 1 as	(3+6) ton	0,29233	39	41,69	86743,653
Truck High 2 as	(6+12) ton	5,86000	417	41,69	18592099,499
Truck 3 as	(6+19) ton	3,04444	53	41,69	1227661,643
Truck Gandeng	(5+7+7 +7)ton	1,73844	32	41,69	423258,374
Trailer	(7,56+12 +23)ton	12,5882	27	41,69	25859666,706
Jumlah					23094685,610

3.2.6 Menghitung Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 93

Perhitungan tebal perkerasan lentur dengan metode AASHTO 93 menggunakan rumus sebagai berikut

Percobaan pertama menggunakan SN 3

$$\log W_t 18 = -0,841 \times 0,4 + 9,36 \times \log(3 + 1) - 0,2 + \frac{-0,1303}{0,4 + (1094 / (3 + 1)^{5,19})} + 2,32 \times \log(10035) - 8,07 = 6,2056$$

S_o = Standar deviasi (0,4 – 0,5) diambil 0,4; R = Realibitasi, jalan Arteri, Luar kota diambil = 80%; Z_R = Standar Normar Deviasi, untuk R ,

dan S_o , di ambil = - 0,841; IP_t = Indeks Permukaan Akhir perkerasan, diambil 2,0 (arteri); IP_0 = Indeks Permukaan Awal perkerasan, di ambil 4,0; M_R = Modulus Resielent = 1500 x CBR = 1500 x 6,69 = 10035

Nilai CBR = CBR rata – rata – (standardevisi)
 $=; 7,39 - 0,7 = 6,69$; $G_t = \text{Log} \left[\frac{(4,0 - 2,0)}{(4,2 - 1,5)} \right] = -0,1303$;

$$Wt = W_{18} \times \frac{(1+G)^n - 1}{G} = 22930749,412 \times \frac{(1+0,05668)^{22} - 1}{0,05668} = 956080854,7; \text{Log } Wt = \text{Log} (0,9560808547 \times 10^9) = 8,9804$$

Setelah memasukan nilai – nilai tersebut kedalam rumus di atas dengan menggunakan SN = 3, maka didapat Log Wt 18 = 6,2026 Tidak mendekati nilai Log Wt = 8,9804

Percobaan kedua menggunakan SN 4

Secara analogi diperoleh: Log Wt 18 = 7,0214; Nilai CBR = 6,69; Gt = - 0,1303; Wt = 916985357; Log Wt = 8,9623; maka didapat Log Wt 18 = 7,0214 Tidak mendekati nilai Log Wt = 8,9623;

Percobaan ketiga menggunakan SN 5

Secara analog dengan menggunakan SN = 5, maka didapat Log Wt 18 = 7,7018 Tidak mendekati nilai Log Wt = 8,9681.

Percobaan keempat menggunakan SN 6

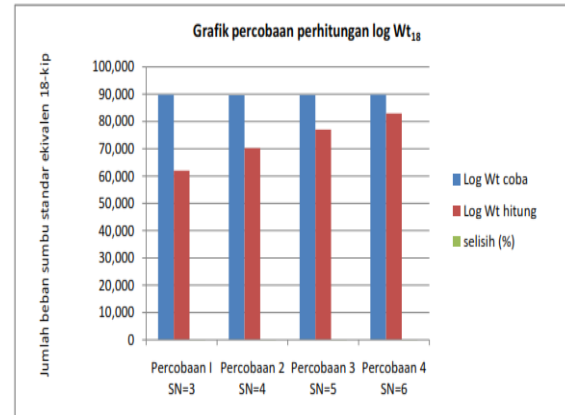
Secara analog menggunakan SN = 6, maka didapat Log Wt 18 = 8,2944 mendekati nilai Log Wt = 8,9835.

Rangkuman hasil perhitungan percobaan pertama sampai dengan percobaan ke empat, diperlihatkan pada table 4.9 dibawah ini.

Tabel 9 Rangkuman hasil perhitungan log Wt

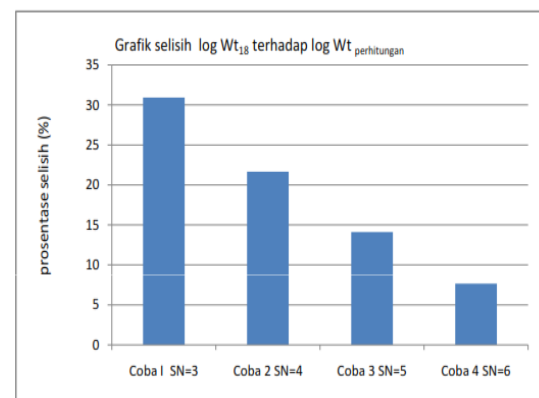
	SN=3	SN=4	SN=5	SN=6
Log Wt _{coba}	89,904	89,623	89,681	89,835
Log Wt _{hitung}	62,026	70,214	77,018	82,944
Selisih (%)	30,93	21,66	14,12	7,67

Secara grafis, Rangkuman hasil perhitungan percobaan pertama sampai dengan percobaan ke empat, diperlihatkan pada gambar 7 ini.



Gambar 7 Grafik percobaan perhitungan log Wt

Pada gambar 8 ini adalah grafik selisih nilai hasil percobaan log Wt₁₈ terhadap log Wt perhitungan dengan penggunaan variasi nilai SN. percobaan pertama, SN=3, selisih antara Log Wt coba-coba terhadap Log Wt₁₈ hasil perhitungan sebesar 30,39%, selisih ini terlalu besar. Berikut dicoba dengan percobaan ke 2, SN=4, memberikan nilai selisih sebesar 21,66 %, ini masih terlalu besar, percobaan ke 3, SN=5, memberikan nilai selisih sebesar 14,12 %, ini masih besar, percobaan ke 4, SN=6, memberikan nilai selisih sebesar 7,67 %, nilai ini cukup memadai, maka digunakan nilai SN=6 dalam menentukan perhitungan tebal perkerasan.



Gambar 8 Grafik selisih log Wt₁₈ terhadap log Wt perhitungan

3.2.7 Menentukan Tebal Perkerasan Lentur dengan nilai SN=6

a_1 Koefisien *Surface*

$$E_{AC} = 500,000 \text{ psi, } 20^\circ\text{C (68}^\circ\text{F);}$$

$$a_1 = 0,173 \ln (E_{AC}) - 1,813 = 0,173 \ln (500,000) - 1,813 = 0,45$$

a_2 Koefisien *Base*

$$CBR_{base} = \text{diambil (90\%); } a_2 = 0,0428 \ln (CBR_{base}) - 0,0542 = 0,138$$

a_3 Koefisien *Sub Base*

$$CBR_{sub-base} = \text{diambil (60\%); } a_3 = 0,0264 \ln (CBR_{sub-base}) + 0,0194 = 0,127$$

$m_2 =$ koefisien drainase lapis pondasi atas = 0,8; $m_3 =$ koefisien drainase lapis pondasi bawah = 1,15

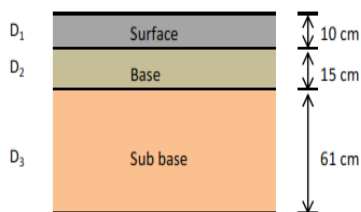
Berdasarkan syarat bahwa tebal minimum lapis permukaan berbeton aspal dan lapis pondasi agregat (inch). $D_1 = 4,0$ inch, lapis permukaan (*Surface coarse*); $D_2 = 6,0$ inch, lapis pondasi atas (*Base coarse*); Lapis pondasi bawah (*subbase coarse*), $SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$. $6,0 = 0,45 \times 4,0 + 0,138 \times 6,0 \times 0,8 + 0,127 \times D_3 \times 1,15$

$$D_3 = \frac{SN - (a_1 \times D_1) - (a_2 \times D_2 \times m_2)}{(a_3 \times m_3)} = \frac{6,0 - (0,45 \times 4,0) - (0,138 \times 6,0 \times 0,8)}{(0,127 \times 1,15)} = 24,4 \text{ inch}$$

Jadi, diperoleh hasil sebagai berikut :

$D_1 = 4,0$ inch atau = 10 cm; $D_2 = 6,0$ inch atau = 15 cm; $D_3 = 24,4$ inch atau = 61 cm.

Dengan demikian dapat di gambarkan susunan lapis perkerasan konstruksi ruas jalan SP. Empat Haruai – Batu Babi dengan hasil perhitungan metode *AASHTO'93* seperti gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9 Susunan Konstruksi Perkerasan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan analisa di atas dapat disimpulkan bahwa tebal lapisan perkerasan jalan yang dihasilkan untuk ruas jalan Mabuun - SP. Empat Haruai Sepanjang 4 km dengan menggunakan metode *AASHTO'93*. Adalah: Tebal lapis permukaan (*Surface*)= 10 cm; Tebal lapis pondasi atas (*Base*) = 15 cm dan Tebal lapis pondasi bawah (*Sub Base*)= 61 cm.

Untuk aplikasi di lapangan disarankan agar melakukan disain kualitas material yang disesuaikan berdasarkan asumsi-asumsi kualitas bahan yang digunakan dalam perhitungan perencanaan masing-masing jenis lapisan perkerasan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] *AASHTO*, 1993, *Guide for design of pavement structur 1993*, American Assosiation of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C.20001.
- [2] Direktorat Jendral Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Jakarta.
- [3] Direktorat Jendral Bina Marga, 2010, *Buku Spesifikasi Umum*, edisi revisi 3, Jakarta.
- [4] Direktorat Jendral Bina Marga. 2012, *Pedoman Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Menggunakan Metode AASHTO 1993*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [5] Sukirman, Silvia, 1992. *Perkerasan lentur jalan raya*, Nova, Bandung.
- [6] Sukirman, Silvia, 2010. *Tebal struktur perkerasan lentur*, Nova, Bandung.