

Desain Perkerasan Lentur Berdasarkan Metode Bina Marga Ruas Jalan Simpang Seling – Muara Jernih Kabupaten Merangin

¹ Wirya Murad,² Muh. Novera

¹Dosen Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi

²Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Batanghari Jambi

Wirya24@yahoo.com

Abstrak

Studi ini dimaksudkan untuk merencanakan perbaikan perkerasan dengan perkerasan lentur untuk ruas jalan Simpang Seling-Muara Jernih. Ada dua jenis metode yang digunakan, yaitu Metode Pt T-01-2002-B (Bina Marga 2002) dan Metode SNI 1732-1989-F (Analisa Komponen). Dari dua metode yang digunakan, metode PtT 01-2002-B memperoleh hasil perhitungan AC-WC Surface = 4.0 Cm dan AC-BC = 6.0 Cm. Lapisan Pondasi Atas Agregat Kelas A diperoleh tebal 15 cm. Lapisan Pondasi Bawah Agregat Kelas B diperoleh tebal 27 Cm dan Metode SNI-1732-1989-F diperoleh hasil perhitungan Lapis Permukaan AC-WC = 4.0 Cm dan AC-BC = 6.0 Cm. Lapisan Pondasi Atas menggunakan Agregat kelas A setebal 25 cm. Lapisan lapisan bawah menggunakan agregat kelas B setebal 46 cm.

Kata kunci: Perkerasan Lentur, Metode Pt T-01-2002-B, Metode SNI 1732-1989-F.

PENDAHULUAN

Jalan juga merupakan prasarana transportasi terpenting dalam perkembangan pembangunan suatu daerah, dengan adanya jalan akses dari daerah satu ke daerah lainya menjadi semakin mudah. Selain itu, Kondisi jalan juga sangat berpengaruh bagi kenyamanan dan keselamatan setiap pengguna jalan.

Oleh karena itu, Pembangunan infrastruktur Ruas Jalan Simpang Seling-Muara Jernih sangat diperlukan untuk mendukung pembangunan disektor ekonomi, pertanian, dan pariwisata, transportasi berguna untuk meningkatkan hasil dari produksi pertanian dan tercapinya kesejahteraan masyarakat. Dengan adanya perkembangan tentunya kebutuhan akan transportasi terus meningkat hal ini sangat berpengaruh terhadap sarana dan prasarana transportasi.

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 1999).

Secara sederhana dapat dikatakan bahwa fungsi perkerasan jalan adalah menyediakan dan memberikan pelayanan kepada lalu lintas yang lewat di atasnya sedemikian rupa sehingga lalu lintas dapat bergerak dengan aman, cepat, dan nyaman sesuai tuntutan dan klasifikasi lalu lintas yang ada (Annisa Pradnya widiastruti, 2018).

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) menurut Departemen pekerjaan Umum (1989) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapisan permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya. Perkerasan lentur jalan terdiri dari beberapa lapis yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan lapisan tanah dasar (*subgrade*).

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan, Lapis pondasi atas (*Base Course*) pada perkerasan lentur difungsikan sebagai lapisan penambah kapasitas daya dukung beban-beban yang terjadi dengan tingkat kekakuannya, kekuatan serta ketahanan bahan yang cukup baik. Tanah dasar (*subgrade*) adalah lapisan tanah dasar dibawah perkerasan jalan, fungsinya untuk mendukung perkerasan jalan. Subgrade dapat berupa tanah asli setempat yang dipadatkan, tanah urugan badan jalan yang di padatkan,

tanah timbunan atau galian setempat. Fungsi tanah dasar sebagai bahan perkerasan adalah sebagai bahan yang mampu menahan beban lalu lintas dan untuk menghindari meresapnya air kedalam lapisan perkerasan yang ada di atasnya.

Dalam proses perencanaan tebal perkerasan lentur terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dan ikut mempengaruhi hasil perencanaan, yaitu:

1. Beban Lalu lintas
2. Daya dukung tanah dasar
3. Fungsi jalan
4. Kondisi lingkungan

Metode SNI 1732-1989-F

Beban lalu lintas dinyatakan dalam Lintas Ekuivalen Rencana (LER) yang mana langkah-langka perhitungannya:

1. Angka ekuivalen dihitung dengan rumus

$$E_{Sumbu tunggal roda tunggal} = \left(\frac{\text{Beban Sumbu Tunggal, kg}}{5.400} \right)^4$$

$$E_{Sumbu tunggal roda ganda} = \left(\frac{\text{Beban Sumbu Ganda, kg}}{8.160} \right)^4$$

$$E_{Sumbu tandem roda ganda} = \left(\frac{\text{Beban Sumbu Ganda, kg}}{13.760} \right)^4$$

$$E_{Sumbu triplek roda ganda} = \left(\frac{\text{Beban Sumbu Ganda, kg}}{18.450} \right)^4$$

2. LHR dihitung di awal umur rencana dengan menggunakan rumus berikut untuk masing-masing kelompok jenis kendaraan

$$\text{LHR awal umur rencana} = (1+a)^n \cdot \text{LHR}_s$$

3. Faktor distribusi kendaraan pada lajur rencana ditentukan berdasarkan jumlah lajur perkerasan jalan.
4. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) sebagai lintas ekuivalen di awal umur rencana dihitung menggunakan rumus:

$$\text{LEP} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{LHR}_i \times E_i \times C_i$$

Atau

$$\text{LEP} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{LHRT}_i \times E_i \times C_i$$

5. Hitung Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) sebagai lintas ekuivalen di akhir umur rencana dengan rumus :

$$\text{LEA} = \text{LEP} (1 + a)^{UR}$$

6. Hitung Lintas Ekuivalen Rencana (LER) sebagai lintas ekuivalen rencana.
7. Daya dukung tanah dasar dinyatakan dengan parameter Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) yang merupakan korelasi dari nilai CBR. DDT dapat diperoleh dengan menggunakan rumus korelasi antara nilai CBR dengan DDT = $4,3 \log \text{CBR} + 1,7$ (9)
8. Kondisi lingkungan di lokasi ruas jalan mempengaruhi kinerja struktur perkerasan selama masa pelayanan jalan. Nilai FR memiliki rentang antara 0,5 dan 4
9. Indeks Permukaan Sesuai SNI 1732-1989-F. Tebal perkerasan yang dibutuhkan dipengaruhi oleh nilai kinerja struktur perkerasan yang diharapkan pada saat jalan dibuka untuk melayani arus lalu lintas selama umur rencana, dan kondisi kinerja perkerasan di akhir umur rencana.
10. ITP adalah angka yang menunjukkan nilai structural perkerasan jalan yang terdiri dari beberapa lapisan dengan mutu yang berbeda. Oleh karena itu untuk menentukan ITP diperlukan koefisien relative sehingga tebal perkerasan setiap lapis setelah dikalikan dengan koefisien relative dapat dijumlahkan:

$$\text{ITP} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

Metode PtT 01-2002-B (Bina Marga 2002)

Kriteria Perencanaan

1. Lalu-lintas

- a. Angka Ekuivalen setiap jenis kendaraan dihitung dengan terlebih dahulu menentukan angka ekuivalen masing-masing sumbu. Angka ekuivalen (E) untuk sumbu tunggal roda tunggal rumus berikut ini harus dipergunakan.

$$\text{Angka Ekuivalen STRT} = \left(\frac{\text{Beban Sumbu (KN)}}{53 \text{ KN}} \right)^4$$

Untuk STRG, SGRG, STrRG dapat dilihat pada tabel lampiran D Bina Marga 2002.

b. Reliabilitas

Konsep reliabilitas merupakan upaya untuk menyertakan derajat kepastian (*Degree of Certainty*) kedalam proses perencanaan untuk menjamin bermacam-macam alternatif perencanaan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan (Umur Rencana). Faktor perencanaan reliabilitas memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu-lintas (W_{18}) dan perkiraan kinerja (W_{18}), dan karenanya memberikan tingkat reliabilitas (R) dimana seksi perkerasan akan bertambah selama selang waktu yang direncanakan.

Deviasi standar (S_0) harus dipilih yang mewakili kondisi tempat. Rentang nilai S_0 adalah 0,40-0,50.

c. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lalu lintas pada lajur rencana (W_{18}) diberikan dalam komulatif beban gandar standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini digunakan rumusan:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W_{18}$$

Pada umumnya D_D diambil 0,5. Pada beberapa kasus khusus terdapat pengecualian dimana kendaraan berat cenderung menuju satu arah tertentu. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa D_D bervariasi dari 0,3-0,7 tergantung arah mana yang berat dan kosong.

Lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalulintas komulatif selama umur rencana. Secara numerik rumusan lalu lintas komulatif ini sebagai berikut:

$$W_t = W_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g}$$

2. Koefisien Drainase

Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relative ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan kedalam persamaan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relative (a) dan ketebalan (D).

3. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan ini menyatakan nilai ketidakrataan dan kekuatan perkerasan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat.

4. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Berdasarkan jenis dan fungsi material lapis perkerasan, estimasi koefisien Koefisien Kekuatan Relatif dikelompokkan kedalam 5 kategori, yaitu: beton aspal (*asphalt concrete*), lapis pondasi granular (*granular base*), lapis pondasi bawah granular (*granular subbase*), *cement-treated base* (CTB), dan *asphalt-treated base* (ATB).

5. Hitunglah lintasan ekuivalen selama umur rencana (W_{18}) menggunakan rumus:

$$W_{18} = \sum \text{LHR} \times E \times D_D \times D_L \times N \times 365$$

6. Menentukan nilai SN

Tentukan nilai SN dalam inci dengan menggunakan nomogram atau rumus:

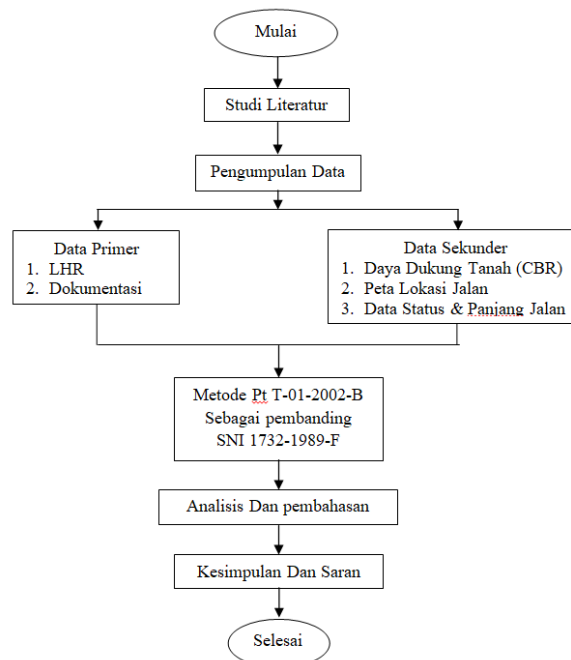
$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32$$

$$\times \log_{10}(M_R) - 8,07$$

7. SN yang diperoleh harus sama dengan SN asumsi, jika diperoleh tidak sama dengan SN asumsi, maka langkah diulang kembali sampai ditemukan SN hasil hitungan = SN asumsi
8. Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

METODE PENELITIAN

Secara ringkas, penelitian ini bisa dilihat dari bagan alir penelitian berikut:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Pt T-01-2002-B

- Panjang Jalan = 2000 m
- Lebar Jalan = 5 m
- Reliabilitas = 85% (dari Tabel 2.8)
- $Z_R = -1,037$ (dari Tabel 2.9)
- Standar Deviasi (S_0) = 0,45
- $MR = 1500 \times CBR = 1500 \times 2,5 = 3750$ psi
- $IP_0 = 4,0$ (dari Tabel 2.13)
- $IP_t = 2,0$ (dari Tabel 2.12)
- $\Delta PSI = IP_0 - IP_t = 4,0 - 2,0 = 2,0$
- m_2 dan $m_3 = 1,2$ (dari tabel 2.11)
- Umur Rencana = 20 Tahun
- Pertumbuhan Lalu Lintas = 3,5 % per tahun

Data LHR dan Pembebanan Sumbu Kendaraan

Tabel 1. Data LHR Dan Pembebanan Sumbu Kendaraan

Gol. Kendar aan	Jenis Kendaraan (Konfigurasi Sumbu)	LHR (kend/ hari/2 arah)	Beban Sumbu (Ton)				Jumlah (Ton)
			SB I	SB II	SB II	SB IV	
2,3,4	Sedan/Angkot/Pick up/Station Wagon (1.1)	283	1	1			2
6b	Truk 2 Sumbu 6 roda (1.2)	178	6	8			14
7a	Truk 3 Sumbu (1.22)	3	6	7,5	7,5		21
Jumlah		464					37

Sumber: Data Olahan (2018)

Perhitungan Angka Ekvivalen Sumbu Kendaraan (E)

Tabel 2. Angka Sumbu Ekvivalen (E)

Gol. Kendaraan	Jenis Kendaraan (Konfigurasi Sumbu)	Nilai Ekvivalen Sumbu Kendaraan (E)			E total
		SB I	SB II	SB III	
2,3,4	Sedan/Angkot/Pick up/Station Wagon (1.1)	0,0013	0,0013		0,0026
6b	Truk 2 Sumbu 6 roda (1.2)	1,6425	1,0000		2,6425
7a	Truk 3 Sumbu (1.22)	1,6425	1,0000	1,0000	3,6425

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Menentukan Faktor Distribusi Arah (D_D) dan Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Nilai faktor distribusi arah (D_D) berkisar antara 0,3-0,7 dan didalam perencanaan ini dipakai angka (D_D) = 0,5. Sedangkan untuk faktor distribusi lajur (D_L), ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.10 dan diambil (D_L) = 100%.

Menghitung Lintasan Ekvivalen Selama Umur Rencana (W_{18})

Untuk menghitung lintas ekvivalen selama umur rencana (W_{18}) dibuat dalam bentuk tabel yang mana hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 3. Perhitungan (W_{18})

Gol. Kendaraan	LHR	E Total	D_D	D_L	$\frac{(1+g)^n - 1}{g}$	Jumlah hari dalam setahun	W_{18}	
					6			7
1	2	3	4	5	6	7	$8=2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7$	
2,3,4	283	0,0026	0,5	1	28,280	365	3702,12	
6b	178	2,6425	0,5	1	28,280	365	2427560,09	
7a	3	3,6425	0,5	1	28,280	365	56397,06	
Jumlah							2.487.659,27	
							Log w18	6,40

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Menentukan Nilai SN dan Tebal Masing-Masing Lapis Perkerasan

Dari hasil penggunaan nomogram dan menggunakan rumus didapat nilai SN. Nilai untuk menentukan tebal lapis perkerasan. Penggunaan nomogram dapat dilihat pada halaman lampiran.

Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a):

Lapis Permukaan : AC-WC (Wearing Course) : $a_{1,1} = 0,40$

AC-BC (Binder Course) : $a_{1,2} = 0,40$

Lapis Pondasi Atas : Agregat Kelas A : $a_2 = 0,14$ $m_2 = 1,2$

Lapis Pondasi Bawah : Agregat Kelas B : $a_3 = 0,13$ $m_3 = 1,2$

$SN_1 = 0,7$

$SN = 4,4$

Perhitungan Tebal Masing-masing lapis perkerasan:

$SN_1 = 0,7$

$$d_1 = SN_1/a_1 = 1,75 \text{ inci} \rightarrow 4,38 \text{ Cm} \quad \text{Dibulatkan} = 5,00 \text{ Cm}$$

$$d_1^* = 3,5 \text{ inci (minimal 8,75 Cm)}$$

Diperoleh hasil tebal lapis permukaan AC-WC= 3,75 Cm dan AC-BC= 5Cm

Berdasarkan MDP revisi 2017 Tebal Lapis Minimum AC-WC= 4 Cm dan AC-BC= 6 Cm. Maka tebal lapis permukaan yang digunakan:

$$\left. \begin{array}{l} D_1 = \text{AC-WC} = 4,00 \text{ cm} = 1,6 \text{ Inci} \\ \text{AC-BC} = 6,00 \text{ cm} = 2,4 \text{ Inci} \\ D_2 = 6,0 \text{ inci} = 15 \text{ cm} \end{array} \right\} D_1 = 1,6 + 2,4 = 4,00 \text{ Inci}$$

Maka nilai D_3

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

$$4,4 = (1,60) + (1,01) + (0,16 \times D_3)$$

$$D_3 = 10,63 \text{ inci} = 26,56 \text{ cm} \quad \text{Dibulatkan} = 27 \text{ Cm}$$

Susunan Perkerasan:

$$\text{AC-WC (Wearing Course)} = 4,0 \text{ Cm}$$

$$\text{AC-BC (Binder Course)} = 6,0 \text{ Cm}$$

$$\text{Agregat Kelas A} = 15 \text{ Cm}$$

$$\text{Agregat Kelas B} = 27 \text{ Cm}$$

Perencanaan Dengan Metode SNI 1732 – 1989 – F (Analisa Komponen)

Perencanaan dengan metode SNI 1732-1989-F (Analisa Komponen) sebagai pembanding dari metode Pt T-01-2002-B:

$$\text{Panjang Jalan} = 2000 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Jalan} = 5 \text{ m}$$

$$\text{CBR} = 2,5\%$$

$$\text{DDT} = 4,3 \times \text{Log (CBR)} + 1,7 = 3,41$$

$$IP_0 = 4,0 \text{ (dari Tabel 2.4)}$$

$$IP_t = 2,0 \text{ (dari Tabel 2.5)}$$

$$\text{Waktu Pengerjaan} = 3 \text{ Tahun}$$

$$\text{Umur Rencana} = 20 \text{ Tahun}$$

$$\text{Pertumbuhan Lalu Lintas} = 3,5 \% \text{ per tahun}$$

Data LHR dan Konfigurasi Sumbu

Tabel 4. Data LHR dan Konfigurasi Sumbu

Gol. Kendar aan	Jenis Kendaraan (Konfigurasi Sumbu)	LHR (kend/hari/2 arah)	i		n		LHRp		LHR 1
			i	n	i	n	i	n	
2,3,4	Sedan/Angkot/Pick up/Station Wagon (1.1)	283	3,5%	3	313,8	3,5%	20	624,3	
6b	Truk 2 Sumbu 6 roda (1.2)	178	3,5%	3	197,4	3,5%	20	392,7	
7a	Truk 3 Sumbu (1.22)	3	3,5%	3	3,3	3,5%	20	6,6	
Jumlah		464			514,4			1023,6	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Perhitungan Angka Ekuivalen Kendaraan (E)

Tabel 5. Angka Ekvivalen (E)

Gol. Kendaraan	Jenis Kendaraan (Konfigurasi Sumbu)	Nilai Ekvivalen Sumbu Kendaraan (E)				E Total
		SB I	SB II	SB III	SB IV	
2,3,4	Sedan/Angkot/Pick up/Station Wagon (1.1)	0,0012	0,0012			0,0024
6b	Truk 2 Sumbu 6 roda (1.2)	1,5242	0,9238			2,4480
7a	Truk 3 Sumbu (1.22)	1,5242	1,4122			2,9515

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Perhitungan Lintasan Ekvivalen Permulaan (LEP) dan Lintasan Ekvivalen Akhir (LEA)

Tabel 6. Perhitungan LEP dan LEA

Gol. Kendaraan	Jenis Kendaraan (Konfigurasi Sumbu)	LHRP	LHR 1	E Tot	C	LEP	LEA
2,3,4	Sedan/Angkot/Pick up/Station Wagon (1.1)	314	624	0,0024	1	0,7380	1,47
6b	Truk 2 Sumbu 6 roda (1.2)	197	393	2,4480	1	483,1178	961,30
7a	Truk 3 Sumbu (1.22)	3	7	2,9515	1	9,8170	19,53
Jumlah						493,67	982,30

Sumber: Data Olahan , 2018

Perhitungan Lintasan Ekvivalen Tengah (LET) dan Lintasan Ekvivalen Rencana (LER)

Untuk perhitungan LET dan LER dihitung seperti berikut ini dengan Rumus:

- $LET = \frac{493,67 + 982,30}{2} = 737,99$

Dan

- $LER = LET \times FP \quad :FP = \frac{UR}{10} = \frac{20}{10} = 2$

$$LER = 737,996 \times 2 = 1475,98$$

Mencari Nilai ITP Dengan Nomogram

- DDT = 3,411
- Nilai ITP = 13,5 (didapat menggunakan nomogram)

Menentukan Masing-Masing Tebal Perkerasan

Lapis Permukaan : AC-WC : $a_{1,1} = 0,40$

AC-BC : $a_{1,2} = 0,40$

Lapis Pondasi Atas : Agregat Kelas A : $a_2 = 0,14$

Lapis Pondasi Bawah : Agregat Kelas B : $a_3 = 0,13$

Berdasarkan tebal lapis minimum dan berdasarkan nilai ITP:

$$D_1 = 10 \text{ Cm}$$

$$D_2 = 25 \text{ Cm}$$

Maka nilai D_3

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

$$13,5 = (4,0) + (2,80) + (0,13 \times D_3)$$

$$D_3 = 46,154 \text{ Cm} \quad \text{Dibulatkan: } 46 \text{ Cm}$$

Susunan lapis perkerasan

AC-WC (Wearing Course) = 4,0 Cm

AC-BC (Binder Course) = 6,0 Cm

Agregat Kelas A = 25 Cm

Agregat Kelas B = 46 Cm

SIMPULAN

1. Dari penggunaan kedua metode dalam perencanaan perkerasan lentur didapatkan hasil yang berbeda dikarenakan kriteria perencanaan yang berbeda dan tahapan perhitungan yang berbeda pada masing-masing metode tersebut.
2. Perbedaan kedua metode adalah dalam menghitung beban lalu lintas, kondisi lingkungan dan standar minimum tebal lapis perkerasan.
3. Dari kedua metode yang digunakan, metode PtT 01-2002-B didapat hasil perhitungan yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 1993, *Guide For Design Of Pavement Structure*, Washington D.C
- Dapertemen Pekerjaan Umum. 1989, *Petunjuk Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*. Jakarta
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2002, *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B*. Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum dan perumahan Rakyat. 2017, *Manual Desain perkerasan Jala (Revisi Juni 2017)*, No. 04/SE/Db/2017.Jakarta
- Pradnya Widiastuti, Annisa.2018, *Analisis Perbandingan Desain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Empiris Dan Metode Mekanistik Empiris Pada Ruas Jalan Legundi – Kanigoro – Planjan*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Shifatul Ulya, Khansa. 2017, *Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan Metode AASHTO 1993*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Sukirman, Silvia. 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya* . Nova, Bandung
- Sukirman, Silvia. 2010, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur* . Nova, Bandung
- Undang Undang Republik Indonesia. Nomor 22 Tahun 2009. *Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan*.
- Undang Undang Republik Indonesia. Nomor 38 Tahun 2004. *Tentang Jalan*.
- Wibowo, Joko. 2017, *Analisis Desain Perkerasan Jalan Metode Bina Marga 1987, Bina Marga 2002 dan Evaluasi Struktur Perkerasan Jalan (Ruas Pelebaran Jalan Batal – Mukomuko Bengkulu)*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.