

BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian adalah ruas jalan Palangka Raya - Bagugus, lama waktu penelitian kurang lebih 2 bulan. Sebagai langkah awal dilakukan perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya.



Gambar 4.1. Ruas Jalan Palangka Raya - Bagugus
Sumber : Satker PJN Wilayah III Provinsi Kalimantan Tengah

4.1. Perencanaan Peningkatan Perkerasan Jalan

4.1.1. Pengumpulan Data

Data didapatkan dari Satker Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah III Provinsi Kalimantan Tengah sebagai berikut :

Nama Ruas	: Palangka Raya - Bagugus
Lebar	: 7,0 m
Umur Rencana	: 10 tahun
Pertumbuhan lalu lintas	: 6 % per tahun
Iklim	: Curah Hujan rata-rata 564,4 mm/th < 900 mm/th

4.1.2. Perhitungan Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata adalah jumlah rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor beroda empat atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan, maka didapatkan perhitungan LHR sebagai berikut :

Tabel 4.1. Perhitungan Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR)

No	Gol	Jenis Kendaraan	Berat (ton)	Tahun				Pertumbuhan			Rata-rata Pertumbuhan
				2011	2012	2013	2014	2012	2013	2014	
1	2	Sedan/Jeep	2	589	614	594	612	0,04	-0,03	0,03	0,01
2	3	Pick up	5	497	486	504	523	-0,02	0,04	0,04	0,02
3	4	Mikro truk	5	276	304	321	325	0,10	0,06	0,01	0,06
4	5A	Bus Kecil	5	89	94	93	98	0,06	-0,01	0,05	0,03
5	5B	Bus Besar	8	4	5	4	4	0,25	-0,20	0,00	0,02
6	6A	Truck 2 As Rd Tunggal	16	256	261	249	264	0,02	-0,05	0,06	0,01
7	6B	Truck 2 As Rd Ganda	22	64	53	58	67	-0,17	0,09	0,16	0,03
8	7A	Truck 3 As Rd Ganda	36	9	8	11	9	-0,11	0,38	-0,18	0,03
9	7B	Truck 3 As Trailer	54	2	3	2	2	0,50	-0,33	0,00	0,06

Sumber : Satker P2JN Provinsi Kalimantan Tengah, 2016

Tabel 4.2. Perhitungan Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) Untuk 10 Tahun

No	Gol	Jenis Kendaraan	Berat (ton)	i	2015	2016	2026	Rata-rata	% Kendaraan
1	2	Sedan/Jeep	2	0,01	636	645	736	672	30,50%
2	3	Pick up	5	0,02	541	550	655	582	26,41%
3	4	Mikro truk	5	0,06	370	391	678	480	21,76%
4	5A	Bus Kecil	5	0,03	100	103	143	115	5,24%
5	5B	Bus Besar	8	0,02	4	4	5	4	0,19%
6	6A	Truck 2 As Rd Tunggal	16	0,01	252	255	285	264	11,98%
7	6B	Truck 2 As Rd Ganda	22	0,03	65	67	86	73	3,29%
8	7A	Truck 3 As Rd Ganda	36	0,03	10	10	13	11	0,51%
9	7B	Truck 3 As Trailer	54	0,06	2	2	4	3	0,12%
		Jumlah		0,26	1.980	2.027	2.605	2.204	100,00%

Sumber : Tabel 4.1

Rumus perhitungan :

$$\text{LHR Sedan/Jeep tahun 2016} = 636 (1+0,01)^1 = 645$$

$$\text{LHR Sedan/Jeep tahun 2026} = 636 (1+0,01)^{10} = 736$$

$$\text{LHR} = \frac{\text{LHR}_{2016} + \text{LHR}_{2026}}{2}, \quad \% \text{ Kendaraan} = \frac{\text{LHR}}{\text{LHR}_{\text{Total}}} \times 100\%$$

4.1.3. Perhitungan Nilai Ekuivalen

a. Nilai Ekuivalen (E) Kendaraan

Nilai ekuivalen sumbu kendaraan (E) masing-masing golongan beban sumbu untuk setiap kendaraan ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Untuk sumbu tunggal } E = \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4$$

$$\text{Untuk sumbu ganda } E = 0,086 \times \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4$$

$$\text{Untuk sumbu tripel } E = 0,053 \times \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4$$

1. Sedan/Jeep 2 ton (sumbu depan 50 %; sumbu belakang 50 %) :

$$E = E \text{ sb.tunggal} + E \text{ sb.tunggal}$$

$$\begin{aligned} E &= \left(\frac{0,5 \times 2}{8,160} \right)^4 + \left(\frac{0,5 \times 2}{8,160} \right)^4 \\ &= 0,00022 + 0,00023 \\ &= 0,00045 \end{aligned}$$

2. Pick up 5 ton (sumbu depan 34 %; sumbu belakang 66 %) :

$$E = E \text{ sb.tunggal} + E \text{ sb.tunggal}$$

$$\begin{aligned} E &= \left(\frac{0,34 \times 5}{8,160} \right)^4 + \left(\frac{0,66 \times 5}{8,160} \right)^4 \\ &= 0,00188 + 0,02675 \\ &= 0,02863 \end{aligned}$$

3. Mikro truck 5 ton (sumbu depan 34 %; sumbu belakang 66 %) :

$$E = E \text{ sb.tunggal} + E \text{ sb.tunggal}$$

$$\begin{aligned} E &= \left(\frac{0,34 \times 5}{8,160} \right)^4 + \left(\frac{0,66 \times 5}{8,160} \right)^4 \\ &= 0,00188 + 0,02675 \\ &= 0,02863 \end{aligned}$$

4. Bus Kecil 5 ton (sumbu depan 34 %; sumbu belakang 66 %) :

$$E = E \text{ sb.tunggal} + E \text{ sb.tunggal}$$

$$E = \left(\frac{0,34 \times 5}{8,160} \right)^4 + \left(\frac{0,66 \times 5}{8,160} \right)^4$$

$$= 0,00188 + 0,02675$$

$$= 0,02863$$

5. Bus Besar 8 ton (sumbu depan 34 %; sumbu belakang 66 %) :

$$E = E \text{ sb.tunggal} + E \text{ sb.tunggal}$$

$$E = \left(\frac{0,34 \times 8}{8,160} \right)^4 + \left(\frac{0,66 \times 8}{8,160} \right)^4$$

$$= 0,01235 + 0,17530$$

$$= 0,18764$$

6. Truck 2 As Rd Tunggal 16 ton (sumbu depan 34 %; sumbu belakang 66 %) :

$$E = E \text{ sb.tunggal} + E \text{ sb.tunggal}$$

$$E = \left(\frac{0,34 \times 16}{8,160} \right)^4 + \left(\frac{0,66 \times 16}{8,160} \right)^4$$

$$= 0,19753 + 2,80476$$

$$= 3,00229$$

7. Truck 2 As Rd Ganda 22 ton (sumbu depan 34 %; sumbu belakang 66 %) :

$$E = E \text{ sb.tunggal} + E \text{ sb.tunggal}$$

$$E = \left(\frac{0,34 \times 22}{8,160} \right)^4 + \left(\frac{0,66 \times 22}{8,160} \right)^4$$

$$= 0,70607 + 10,02550$$

$$= 10,73156$$

8. Truck 3 As Rd Ganda 36 ton (sumbu depan 25 %; sumbu belakang 75 %) :

$$E = E \text{ sb.tunggal} + E \text{ sb.ganda}$$

$$E = \left(\frac{0,25 \times 36}{8,160} \right)^4 + \left(\frac{0,75 \times 36}{8,160} \right)^4 \times 0,086$$

$$= 1,47982 + 10,30844$$

$$= 11,78826$$

9. Truck 3 As Trailer 54 ton (sumbu depan 25 %; sumbu belakang 75 %) :

$$E = E \text{ sb.tunggal} + E \text{ sb.ganda}$$

$$E = \left(\frac{0,25 \times 54}{8,160} \right)^4 + \left(\frac{0,75 \times 54}{8,160} \right)^4 \times 0,086$$

$$= 7,49160 + 52,18647$$

$$= 59,67807$$

Tabel 4.3. Nilai Ekuivalen Sumbu Kendaraan (E)

No	Gol	Jenis Kendaraan	Berat (ton)	Ekivalen Beban Sumbu Kendaraan		
				Depan	Belakang	E
				a	b	c=a+b
1	2	Sedan/Jeep	2	0,00023	0,00023	0,00045
2	3	Pick up	5	0,00188	0,02675	0,02863
3	4	Mikro truck	5	0,00188	0,02675	0,02863
4	5A	Bus Kecil	5	0,00188	0,02675	0,02863
5	5B	Bus Besar	8	0,01235	0,17530	0,18764
6	6A	Truck 2 As Rd Tunggal	16	0,19753	2,80476	3,00229
7	6B	Truck 2 As Rd Ganda	22	0,70607	10,02550	10,73156
8	7A	Truck 3 As Rd Ganda	36	1,47982	10,30844	11,78826
9	7B	Truck 3 As Trailer	54	7,49160	52,18647	59,67807

Sumber : Hasil perhitungan

- b. Nilai Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Dari data tipe jalan 2 lajur 2 arah dengan menggunakan Tabel 2.1 didapat angka koefisien distribusi kendaraan (C) untuk masing-masing kendaraan:

Tabel 4.4. Nilai Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

	Gol	Jenis Kendaraan	Berat (ton)	Tipe Kendaraan	Koefisien Distribusi Kendaraan		
					Lajur	Arah	C
1	2	Sedan/Jeep	2	Ringan	2	2	0,5
2	3	Pick up	5	Berat	2	2	0,5
3	4	Mikro truck	5	Berat	2	2	0,5
4	5A	Bus Kecil	5	Berat	2	2	0,5
5	5B	Bus Besar	8	Berat	2	2	0,5
6	6A	Truck 2 As Rd Tunggal	16	Berat	2	2	0,5
7	6B	Truck 2 As Rd Ganda	22	Berat	2	2	0,5
8	7A	Truck 3 As Rd Ganda	36	Berat	2	2	0,5
9	7B	Truck 3 As Trailer	54	Berat	2	2	0,5

Sumber : Tabel 2.1

c. Nilai Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

Dari rumus 2.1 didapatkan Nilai Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) sebagai berikut :

Tabel 4.5. Nilai Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

No	Gol	Jenis Kendaraan	LHR ₂₀₁₆	C	E	LEP
			a	b	c	d=a*b*c
1	2	Sedan/Jeep	644,52	0,50	0,0005	0,15
2	3	Pick up	550,49	0,50	0,0286	7,88
3	4	Mikro truck	390,95	0,50	0,0286	5,60
4	5A	Bus Kecil	103,31	0,50	0,0286	1,48
5	5B	Bus Besar	4,07	0,50	0,1876	0,38
6	6A	Truck 2 As Rd Tunggal	254,84	0,50	3,0023	382,55
7	6B	Truck 2 As Rd Ganda	66,68	0,50	10,7316	357,80
8	7A	Truck 3 As Rd Ganda	10,27	0,50	11,7883	60,55
9	7B	Truck 3 As Trailer	2,11	0,50	59,6781	62,99
					Jumlah	879,38

Sumber : Hasil perhitungan

d. Nilai Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

Dari rumus 2.2 didapatkan Nilai Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) sebagai berikut :

Tabel 4.6. Nilai Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

No	Gol	Jenis Kendaraan	LHR ₂₀₂₆	C	E	LEA
			a	b	c	d=a*b*c
1	2	Sedan/Jeep	736,22	0,50	0,0005	0,17
2	3	Pick up	654,99	0,50	0,0286	9,38
3	4	Mikro truck	678,06	0,50	0,0286	9,71
4	5A	Bus Kecil	143,08	0,50	0,0286	2,05
5	5B	Bus Besar	4,80	0,50	0,1876	0,45
6	6A	Truck 2 As Rd Tunggal	285,05	0,50	3,0023	427,90
7	6B	Truck 2 As Rd Ganda	86,09	0,50	10,7316	461,96
8	7A	Truck 3 As Rd Ganda	13,46	0,50	11,7883	79,31
9	7B	Truck 3 As Trailer	3,63	0,50	59,6781	108,17
					Jumlah	1.099,09

Sumber : Hasil perhitungan

e. Nilai Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

Dari rumus 2.3 didapatkan Nilai Lintas Ekuivalen Tengah (LET) sebagai berikut :

Tabel 4.7. Nilai Lintas Ekivalen Tengah (LET)

No	Gol	Jenis Kendaraan	LEP	LEA	LET
			a	b	c=(a+b)/2
1	2	Sedan/Jeep	0,15	0,17	0,16
2	3	Pick up	7,88	9,38	8,63
3	4	Mikro truck	5,60	9,71	7,65
4	5A	Bus Kecil	1,48	2,05	1,76
5	5B	Bus Besar	0,38	0,45	0,42
6	6A	Truck 2 As Rd Tunggal	382,55	427,90	405,22
7	6B	Truck 2 As Rd Ganda	357,80	461,96	409,88
8	7A	Truck 3 As Rd Ganda	60,55	79,31	69,93
9	7B	Truck 3 As Trailer	62,99	108,17	85,58
				Jumlah	989,24

Sumber : Hasil perhitungan

f. Nilai Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Dari rumus 2.4 didapatkan Nilai Lintas Ekivalen Rencana (LER) sebagai

berikut :

Tabel 4.8. Nilai Lintas Ekivalen Rencana (LER)

No	Gol	Jenis Kendaraan	LET	FP	LER
			a	b=UR/10	c=a*b
1	2	Sedan/Jeep	0,16	1	0,16
2	3	Pick up	8,63	1	8,63
3	4	Mikro truck	7,65	1	7,65
4	5A	Bus Kecil	1,76	1	1,76
5	5B	Bus Besar	0,42	1	0,42
6	6A	Truck 2 As Rd Tunggal	405,22	1	405,22
7	6B	Truck 2 As Rd Ganda	409,88	1	409,88
8	7A	Truck 3 As Rd Ganda	69,93	1	69,93
9	7B	Truck 3 As Trailer	85,58	1	85,58
				Jumlah	989,24

Sumber : Hasil perhitungan

dimana :

FP = Faktor Penyesuaian

UR = Umur Rencana

= 10 tahun

$$FP = \frac{UR}{10} = \frac{10}{10} = 1$$

4.1.4. Daya Dukung Tanah

Cara penentuan kekuatan tanah dasar yang umum dipakai adalah menentukan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Penyelidikan nilai CBR lapangan dilakukan di ruas jalan Batas Kota Pangkalan Bun – Pangkalan Lada. Pengukuran dilakukan di sekitar tempat terjadi kerusakan, yaitu retak halus sampai retak kulit buaya, dan dibagi menjadi beberapa kedalaman penetrasi. Pengukuran dengan menggunakan alat DCP (*Dynamic Cone Penetration*) diperoleh hasil nilai CBR tanah dasar sebagai berikut :

Tabel 4.9. Pengukuran CBR Dengan DCP

Jumlah Tumbukan	Kumulatif Jumlah Tumbukan	Kedalaman Penetrasi (mm)	DN (mm/blows)	CBR (%)
0	0	0		
1	1	90		
1	2	140		
1	3	170	56,70	3,20
1	4	190		
1	5	220		
1	6	230		
2	8	260	18,00	14,60
2	10	320		
2	12	410	37,50	5,60
2	14	440		
2	16	480		
2	18	530		
2	20	590		
2	22	630	22,00	11,20
2	24	770		
2	26	880		
2	28	980	58,30	3,10
			Rata-rata	7,54

Sumber : UPTD Balai Pengujian Mutu Dinas PU Provinsi Kalteng, 2016

$$CBR_{rata-rata} = 7,54\%$$

$$CBR_{maks} = 14,60\%$$

$$CBR_{min} = 3,10\%$$

$$\text{Jumlah pengamatan} = 5$$

Dengan jumlah pengamatan = 5, maka besarnya nilai R dapat dilihat pada tabel

2.2 adalah 2,48

Secara analitis didapatkan bahwa

$$\begin{aligned} \text{CBR}_{\text{segmen}} &= \text{CBR}_{\text{rata-rata}} - \frac{(\text{CBR}_{\text{maks}} - \text{CBR}_{\text{min}})}{R} \\ &= 7,54 - \frac{(14,60 - 3,10)}{2,48} \\ &= 2,90\% \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai CBR tersebut nilai DDT ditentukan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{DDT} &= 1,6649 + 4,3592 \log (\text{CBR}_{\text{segmen}}) \\ &= 1,6649 + 4,3592 \log (2,90) \\ &= 3,60 \end{aligned}$$

4.1.5. Faktor Regional

Diketahui data :

Curah Hujan rata-rata 564,4 mm/th < 900 mm/th

Kelandaian rata-rata : 8%

$$\begin{aligned} \% \text{ Kendaraan Berat} &= \frac{5 + 5 + 5 + 8 + 16 + 22 + 36 + 54}{2 + 5 + 5 + 5 + 8 + 16 + 22 + 36 + 54} \times 100\% \\ &= 98,69\% \end{aligned}$$

Berdasarkan data curah hujan, kelandaian, persentase kendaraan berat tersebut, maka dari tabel 2.3 didapatkan nilai FR = 2,0

4.1.6. Indeks Permukaan

Indeks Permukaan Awal

Menentukan nilai Indeks Permukaan Awal (IPo) direncanakan menggunakan lapisan permukaan Laston dengan tingkat kerataan (Roughnes) \leq 1.000 mm/km, maka dari tabel 2.4. didapatkan IPo \geq 4.

Indeks Permukaan Akhir

Berdasarkan nilai LER = 989,24, untuk jalan arteri dari tabel 2.5, didapatkan nilai Indeks Permukaan Akhir (IPt) sebesar 2,5.

4.1.7. Perhitungan Beban Gandar Standar Untuk Lajur Rencana Pertahun

- a. Beban gandar standar komulatif untuk dua arah

Tabel 4.10. Beban Gandar Standar Kumulatif Untuk Dua Arah

No	Gol	Jenis Kendaraan	LHR ₂₀₂₆	LHR _{per hari}	E	\hat{w}_{18}
			a	b=a/365	c	d=b*c
1	2	Sedan/Jeep	736,22	2,02	0,0005	0,0009
2	3	Pick up	654,99	1,79	0,0286	0,0514
3	4	Mikro truck	678,06	1,86	0,0286	0,0532
4	5A	Bus Kecil	143,08	0,39	0,0286	0,0112
5	5B	Bus Besar	4,80	0,01	0,1876	0,0025
6	6A	Truck 2 As Rd Tunggal	285,05	0,78	3,0023	2,3446
7	6B	Truck 2 As Rd Ganda	86,09	0,24	10,7316	2,5313
8	7A	Truck 3 As Rd Ganda	13,46	0,04	11,7883	0,4346
9	7B	Truck 3 As Trailer	3,63	0,01	59,6781	0,5927
					Jumlah	6,0224

Sumber : Hasil perhitungan

- b. Beban Gandar Standar untuk Lajur Rencana per hari

$$w_{18} \text{ per hari} = D_D \times D_L \times \hat{w}_{18}$$

dimana:

\hat{w}_{18} = Beban gandar standar kumulatif untuk dua arah.

D_D = Faktor distribusi arah = 0,5 (Pt T-01-2002-B)

D_L = Faktor Distribusi Lajur (dari Tabel 2.5)

$$W_{18 \text{ per hari}} = 0,5 \times 100\% \times 6,0224$$

$$= 3,0112 \text{ per hari}$$

c. Beban Gandar Standar untuk Lajur Rencana per tahun

$$W_{18 \text{ per tahun}} = 365 \times 3,0112$$

$$= 1.099,09 \text{ per tahun}$$

4.1.8. Perhitungan Perkembangan Lalu Lintas

Tabel 4.11. Perhitungan Perkembangan Lalu Lintas

No	Gol	Jenis Kendaraan	Berat (ton)	2016		2026	
				LHR per tahun	LHR per hari	LHR per tahun	LHR per hari
1	2	Sedan/Jeep	2	645	1,77	672	1,84
2	3	Pick up	5	550	1,51	582	1,59
3	4	Mikro truk	5	391	1,07	480	1,31
4	5A	Bus Kecil	5	103	0,28	115	0,32
5	5B	Bus Besar	8	4	0,01	4	0,01
6	6A	Truck 2 As Rd Tunggal	16	255	0,70	264	0,72
7	6B	Truck 2 As Rd Ganda	22	67	0,18	73	0,20
8	7A	Truck 3 As Rd Ganda	36	10	0,03	11	0,03
9	7B	Truck 3 As Trailer	54	2	0,01	3	0,01
Jumlah				2.027,23	5,55	2.204,20	6,04

Sumber : Hasil perhitungan

$$\text{LHR } 2016 = 5,55 \text{ smp/hari}$$

$$\text{LHR } 2026 = 6,04 \text{ smp/hari}$$

$$\text{LHR}_{2026} = \text{LHR}_{2016} \times (1 + g)^n$$

$$6,04 = 5,55 \times (1 + g)^{10}$$

$$1,09 = (1 + g)^{10}$$

$$1,09^{(1/10)} = (1 + g)$$

$$1,01 = (1 + g)$$

$$g = 0,01 \sim 1\%$$

Jadi perkembangan lalu lintas (g) = 1 % per hari

4.1.9. Perhitungan Beban Gandar Standar Untuk Lajur Rencana Selama Umur Rencana

Untuk menghitung jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif (W_{18}) dapat dilihat pada rumus 2.11 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_{18} &= w_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \\ &= 1.099,09 \times \frac{(1+0,01)^{10} - 1}{0,01} \\ &= 11.416,01 \end{aligned}$$

4.2. Tebal Perkerasan Dengan Metode AASHTO

4.2.1. Perhitungan Modulus Resilien

$$\begin{aligned} MR &= 1.500 \times CBR \\ &= 1.500 \times 2,90 \\ &= 4.354 \text{ Psi} \end{aligned}$$

4.2.2. Penentuan Tingkat Reliabilitas

Berdasarkan Tabel 2.6 maka tingkat reliabilitas yang diambil adalah 80%, maka pada tabel 2.7 nilai $Z_R = -1,841$

4.2.3. Penentuan nilai Deviasi Standar (So)

Rentang nilai Deviasi Standar (So) adalah 0,40 - 0,5. Maka nilai So diambil sebesar 0,45

4.2.4. Penentuan Tebal Lapis Perkerasan

a. Penentuan Indeks Permukaan (IP)

Dalam menentukan indeks plastisitas (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagai mana diperlihatkan pada Tabel 2.8. dan menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP_0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan pada awal umur rencana sesuai dengan Tabel 2.9. Dari Tabel 2.8 dan 2.9 diperoleh nilai $IP_t = 2,5$ dan $IP_0 = 4,0$. Design serviceability loss ($\Delta PSI = IP_0 - IP_t$)

$$\Delta PSI = 4,0 - 2,5 = 1,5$$

b. Penentuan Indeks Tebal Permukaan (ITP)

Untuk menentukan Indeks Tebal Permukaan (ITP) sesuai dengan Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B (2002), didapatkan informasi nilai data sebagai berikut :

$$W_{18} = 11.416,01$$

$$MR = 4.354$$

$$S_o = 0,45$$

$$R = 80 \%$$

$$Z_R = -0,841$$

$$\Delta PSI = 1,5$$

Dengan menggunakan rumus :

$$\log W_{18} = Z_R \times S_o + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log MR - 8,07$$

$$\log (11.416,01) = -0,841 \times 0,45 + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \left[\frac{1,5}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log(4.354) - 8,07$$

Setelah dilakukan substitusi nilai SN pada persamaan tersebut, didapatkan nilai SN = 13,30

Alternatif 1 menggunakan CTRB

Berdasarkan tabel 2.7 dengan ITP = 13,30, maka didapatkan Tebal Minimum Lapis Permukaan = 10 cm dengan bahan Laston. Untuk ruas jalan ini direncanakan menggunakan Lapis permukaan atas Laston $D_1=10$ cm. Berdasarkan tabel 2.6 dengan menggunakan lapis permukaan Laston MS 744, didapatkan koefisien kekuatan relatif lapis permukaan atas $a_1=0,4$.

Berdasarkan tabel 2.8 dengan ITP = 13,30, maka didapatkan Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi = 25 cm dengan bahan Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas. Untuk ruas jalan ini direncanakan tebal lapis pondasi atas $D_2 = 25$ cm dengan menggunakan CTRB, koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas $a_2=0,35$.

Dengan menggunakan sirtu kelas A (CBR 70) sebagai lapis pondasi bawah didapatkan koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah $a_3=0,13$.

Sehingga untuk perencanaan perkerasan ruas jalan didapatkan data :

Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan atas	$a_1=0,40$
Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas	$a_2=0,35$
Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah	$a_3=0,13$
Tebal lapis permukaan atas Laston MS 744	$D_1=10$ cm
Tebal lapis pondasi atas Laston Atas CTRB	$D_2=25$ cm
Tebal lapis pondasi bawah sirtu kelas A (CBR 70)	$D_3=$ dihitung

Dengan demikian perencanaan perkerasan ruas jalan digunakan rumus :

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

Koefisien drainase (m) = 0,8 untuk keadaan drainase cukup dan waktu pengeringan dalam keadaan lembab sampai jenuh > 25 %

Maka perencanaan perkerasan ruas jalan digunakan rumus :

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

$$13,30 = (0,40).(10) + (0,35).(25).(0,8) + (0,13).(D_3).(0,8)$$

$$13,30 = 4,00 + 7,00 + (0,104).(D_3)$$

$$(13,30 - 4,00 - 7,00) = 0,104 D_3$$

$$D_3 = 2,3/0,104 = 22,11 \text{ cm} \sim 25 \text{ cm}$$

Jadi, komposisi tebal perkerasan ruas jalan adalah :

Tebal lapis permukaan atas Laston MS 744 $D_1 = 10 \text{ cm}$

Tebal lapis pondasi atas Laston Atas CTRB $D_2 = 25 \text{ cm}$

Tebal lapis pondasi bawah sirtu kelas A (CBR 70) $D_3 = 25 \text{ cm}$

SURFACE	10 cm Lapis permukaan atas Laston MS 744
BASE COURSE CTRB	25 cm Lapis pondasi atas CTRB
SUB BASE	25 cm Lapis pondasi bawah sirtu kelas A (CBR 70)
	DDT = 3,60 Lapisan tanah dasar

Gambar 4.2. Struktur Perkerasan Jalan Dengan CTRB

Alternatif 2 menggunakan Lapis Pondasi Agregat Klas A dan Klas B :

- Lapis Pondasi Agregat Klas A

Berdasarkan tabel 2.7 dengan $ITP = 13,30$, maka didapatkan Tebal Minimum Lapis Permukaan = 10 cm dengan bahan Laston. Untuk ruas jalan ini direncanakan menggunakan Lapis permukaan atas Laston $D_1=20$ cm. Berdasarkan tabel 2.6 dengan menggunakan lapis permukaan Laston MS 744, didapatkan koefisien kekuatan relatif lapis permukaan atas $a_1= 0,40$.

Berdasarkan tabel 2.8 dengan $ITP = 13,30$, maka didapatkan Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi = 25 cm dengan bahan Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas. Untuk ruas jalan ini direncanakan tebal lapis pondasi atas $D_2 = 25$ cm dengan menggunakan Batu Pecah kelas A (CBR 100), koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas $a_2= 0,14$.

Dengan menggunakan sirtu kelas A (CBR 70) sebagai lapis pondasi bawah didapatkan koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah $a_3= 0,13$.

Sehingga untuk perencanaan perkerasan ruas jalan didapatkan data :

Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan atas	$a_1= 0,40$
Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas	$a_2= 0,14$
Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah	$a_3= 0,13$
Tebal lapis permukaan atas Laston MS 744	$D_1= 20$ cm
Tebal lapis pondasi atas Batu Pecah kelas A (CBR 100)	$D_2 = 25$ cm
Tebal lapis pondasi bawah sirtu kelas A (CBR 70)	$D_3 =$ dihitung

Dengan demikian perencanaan perkerasan ruas jalan digunakan rumus :

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

Koefisien drainase (m) = 0,8 untuk keadaan drainase cukup dan waktu pengeringan dalam keadaan lembab sampai jenuh > 25 %

Dengan demikian perencanaan perkerasan ruas jalan digunakan rumus :

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

$$13,30 = (0,40).(20) + (0,14).(25).(0,8) + (0,13).(D_3).(0,8)$$

$$13,30 = 8,00 + 2,80 + (0,104).(D_3)$$

$$(13,30 - 8,00 - 2,80) = 0,104 D_3$$

$$D_3 = 6,5/0,104 = 24,04 \text{ cm} \sim 25 \text{ cm}$$

Jadi, komposisi tebal perkerasan ruas jalan adalah :

Tebal lapis permukaan atas Laston MS 744 $D_1 = 20 \text{ cm}$

Tebal lapis pondasi atas Laston Atas CTRB $D_2 = 25 \text{ cm}$

Tebal lapis pondasi bawah sirtu kelas A (CBR 70) $D_3 = 25 \text{ cm}$

SURFACE	20 cm Lapis permukaan atas Laston MS 744
BASE COURSE KLAS A	25 cm Lapis pondasi atas Batu Pecah kelas A (CBR 100)
SUB BASE	25 cm Lapis pondasi bawah sirtu kelas A (CBR 70)
	DDT = 3,60 Lapisan tanah dasar

Gambar 4.3. Struktur Perkerasan Jalan Dengan Agregat A

- Lapis Pondasi Agregat Klas B

Berdasarkan tabel 2.7 dengan $ITP = 13,30$, maka didapatkan Tebal Minimum Lapis Permukaan = 10 cm dengan bahan Laston. Untuk ruas jalan ini direncanakan menggunakan Lapis permukaan atas Laston $D_1=20$ cm. Berdasarkan tabel 2.6 dengan menggunakan lapis permukaan Laston MS 744, didapatkan koefisien kekuatan relatif lapis permukaan atas $a_1= 0,40$.

Berdasarkan tabel 2.8 dengan $ITP = 13,30$, maka didapatkan Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi = 25 cm dengan bahan Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas. Untuk ruas jalan ini direncanakan tebal lapis pondasi atas $D_2 = 25$ cm dengan menggunakan Batu Pecah kelas B (CBR 80), koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas $a_2= 0,13$.

Dengan menggunakan sirtu kelas B (CBR 50) sebagai lapis pondasi bawah didapatkan koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah $a_3= 0,12$.

Sehingga untuk perencanaan perkerasan ruas jalan didapatkan data :

Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan atas	$a_1= 0,40$
Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas	$a_2= 0,13$
Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah	$a_3= 0,12$
Tebal lapis permukaan atas Laston MS 744	$D_1= 20$ cm
Tebal lapis pondasi atas Batu Pecah kelas B (CBR 80)	$D_2 = 25$ cm
Tebal lapis pondasi bawah sirtu kelas B (CBR 50)	$D_3 =$ dihitung

Dengan demikian perencanaan perkerasan ruas jalan digunakan rumus :

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

Koefisien drainase (m) = 0,8 untuk keadaan drainase cukup dan waktu pengeringan dalam keadaan lembab sampai jenuh > 25 %

Maka perencanaan perkerasan ruas jalan digunakan rumus :

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

$$13,30 = (0,40).(20) + (0,13).(25).(0,8) + (0,12).(D_3).(0,8)$$

$$13,30 = 8,00 + 2,60 + (0,096).(D_3)$$

$$(13,30 - 8,00 - 2,80) = 0,096 D_3$$

$$D_3 = 2,5/0,096 = 26,04 \text{ cm} \sim 26 \text{ cm}$$

Jadi, komposisi tebal perkerasan ruas jalan adalah :

Tebal lapis permukaan atas Laston MS 744 $D_1 = 20 \text{ cm}$

Tebal lapis pondasi atas Laston Atas CTRB $D_2 = 25 \text{ cm}$

Tebal lapis pondasi bawah sirtu kelas A (CBR 70) $D_3 = 26 \text{ cm}$

SURFACE	20 cm Lapis permukaan atas Laston MS 744
BASE COURSE KLAS B	25 cm Lapis pondasi atas Batu Pecah kelas B (CBR 80)
SUB BASE	26 cm Lapis pondasi bawah sirtu kelas B (CBR 50)
	DDT = 3,60 Lapisan tanah dasar

Gambar 4.4. Struktur Perkerasan Jalan Dengan Agregat B

4.3. Waktu dan Biaya Pekerjaan CTRB (Cement Treated Recycling Base) dan Lapis Pondasi Agregat Klas A dan Klas B

Waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan CTRB (Cement Treated Recycling Base) berpengaruh terhadap pelaksanaan pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Klas A dan B pada Paket Pekerjaan Preservasi Pelebaran Jalan Ruas Palangka Raya - Bagus - Bukit Batu - Lungkuh Layang (Kalimantan Tengah) seperti pada Tabel 4.12. dan 4.13.

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	April		Keterangan
1	Persiapan Lapangan	4			Persiapan lokasi pekerjaan, material, peralatan dan tenaga
2	Pelaksanaan CTRB	12			Perelaksanaan recycling/milling
3	Curring/Pemeliharaan	14			Pemeliharaan sampai umur open traffic

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	April		Mei	Keterangan
1	Persiapan Lapangan	4				Persiapan lokasi pekerjaan, material, peralatan dan tenaga
2	Pelaksanaan Agregat Klas A	15				Pelaksanaan penggelaran dan pemadatan
3	Pelaksanaan Agregat Klas B	15				Pelaksanaan penggelaran dan pemadatan
4	Pemeliharaan	14				Pemeliharaan sampai kepadatan tercapai

4.3.1. Waktu Pekerjaan CTRB (Cement Treated Recycling Base)

	Alat Pelaksanaan CTRB	=	1,00	Set
	Kap Prod/hari	=	390,00	M3
	Mandor	=	1,00	Orang
	Pekerja	=	5,00	Orang
	Sopir	=	13,00	Orang
	Operator	=	7,00	Orang
	Volume	=	11.700,00	M3
	Waktu kerja	=	30,00	Hari

4.3.2. Waktu Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Klas A dan Klas B

	Alat Pelaksanaan Agregat Klas A dan B	=	1,00	Set
	Kap Prod/hari	=	487,50	M3
	Mandor	=	2,00	Orang
	Pekerja	=	5,00	Orang
	Sopir	=	17,00	Orang
	Operator	=	3,00	Orang
	Volume	=	23.400,00	M3
	Waktu kerja	=	48,00	Hari

4.3. 3. Biaya CTRB (Cement Treated Recycling Base) Terhadap Lapis Pondasi Agregat Klas A dan Klas B

Tabel 4.14. Perhitungan Biaya Perkerasan Jalan Dengan CTRB/M2 Tebal 0,25 M

No	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga-Harga (Rupiah)
1.	Divisi 5. Perkerasan Berbutir				
	Semen untuk CTRB	Ton	1.579,50	1.886.577,00	71.411,66
	Lapis Cement Treated Recycler Base (CTRB)	m ³	11.700,00	746.616,00	186.654,00
	Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 5				258.065,66
	Jumlah Total Harga				258.065,66

Tabel 4.15. Perhitungan Biaya Perkerasan Jalan Dengan Lapis Pondasi Agregat Klas A / M2 Tebal 0,25 M

No	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga-Harga (Rupiah)
1.	Divisi 5. Perkerasan Berbutir				
	Lapis pondasi agregat kelas A	m ³	11.700,00	944.346,00	236.086,50
	Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 5				236.086,50
	Jumlah Total Harga				236.086,50

Tabel 4.16. Perhitungan Biaya Perkerasan Jalan Dengan Lapis Pondasi Agregat Klas B / M2 Tebal 0,25 M

No	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga-Harga (Rupiah)
1.	Divisi 5. Perkerasan Berbutir				
	Lapis pondasi agregat kelas B	m ³	11.700,00	882.215,00	220.553,75
	Jumlah Harga Pekerjaan Divisi 5				220.553,75
	Jumlah Total Harga				220.553,75

4.4. Perbandingan Indeks Tebal Perkerasan

Untuk mengetahui alternatif indeks tebal perkerasan jalan yang bisa digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.17. Alternatif Indeks Tebal Perkerasan Jalan

No	Perhitungan	Alternatif 1	Alternatif 2	
1.	CBR	2,90 %	2,90 %	2,90 %
2.	DDT	3,60	3,60	3,60
3.	Indeks tebal perkerasan (ITP)	13,30	13,30	13,30
4.	Bahan Perkerasan			
	- Lapisan Pondasi Atas	CTRB	Batu pecah kelas A (CBR 100)	Batu pecah kelas B (CBR 80)
	- Lapisan Pondasi Bawah	Sirtu kelas A (CBR 70)	Sirtu kelas A (CBR 70)	Sirtu kelas B (CBR 50)
5.	Koefisien kekuatan relatif			
	- a1	0,40	0,40	0,40
	- a2	0,35	0,14	0,13
	- a3	0,13	0,13	0,12
6.	Tebal masing-masing lapisan			
	- Lapisan Pondasi Atas	25 cm	25 cm	25 cm
7.	Biaya	Rp 258.065,66	Rp 456.640,25	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.17 didapatkan informasi bahwa

1. Untuk lapisan pondasi atas, alternatif 1 menggunakan CTRB yang lebih stabil, dibandingkan lapisan pondasi atas pada alternatif lain yang menggunakan batu pecah kelas A dan B
2. Dilihat dari aspek material tebal lapisan pondasi atas yang dihasilkan dari alternatif 1 lebih efisien dibandingkan dengan tebal lapisan pondasi atas alternatif lain.
3. Dilihat dari aspek biaya, alternatif 1 yang menggunakan pondasi CTRB paling efisien

4.5. Perbandingan Pekerjaan Waktu Dan Biaya

Tabel 4.18. Alternatif Perbandingan Pekerjaan Waktu Dan Biaya

No	Uraian		Perbandingan
	Alternatif 1 CTRBB (<i>Cement Treated Recycler Base</i>)	Alternatif 2 Lapis Pondasi Agregat Klas A dan Klas B	
1.	Waktu Pelaksanaan 30 Hari	Waktu Pelaksanaan 48 Hari	Efisien 18 Hari (37,50%)
2.	Biaya Rp. 258.065,66/M3	Rp. 456.640,25/M3	Efisien Rp. 198.574,59/M3 (43,49%)