

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Tebal Perkerasan Menggunakan Metode Analisis

Komponen SKBI 1987

1. Perencanaan Tebal Perkerasan Baru

a. Data Perencanaan Tebal Perkerasan Baru

Data yang dipergunakan dalam perancangan tebal perkerasan ini diperoleh dari PT. Selo Adikarto, Bina Marga Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Jalan dibuka pada tahun	= 2007
Pertumbuhan lalu lintas selama pelaksanaan	= 8 %
Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana	= 8 %
Umur rencana (UR)	
1) Lapis Perkerasan	= 20 tahun
2) Lapis Pondasi	= 20 tahun
Susunan lapis perkerasan	
1) <i>Surface course</i>	= Laston MS 590
2) <i>Base course</i>	= Batu Pecah Agregat Kelas A
3) <i>Sub base course</i>	= Batu Pecah Agregat Kelas B

C = (koefisien distribusi kendaraan) didapat dari jumlah 2 jalur 2 arah.

b. Lalu Lintas Rencana

Data sekunder diperoleh dari PT. Selo Adikarto, Bina Marga Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Distribusi kendaraan dan komposisi lalu lintas seperti yang terlihat Tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Lalu Lintas Ruas Jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo 2005

No	Tipe Kendaraan	LHR (kendaraan)
1.	Kendaraan ringan 2 Ton (1 + 1)	498
2.	Bus 8 Ton (3 + 5)	25
3.	Truck 2 as 13 Ton (5 + 8)	457
4.	Truck 3 as 20 Ton (6 + 7,7)	378
5.	Truck 5 as 30 Ton (6 + 7,7 + 5 + 5)	0
Jumlah		1.358

Sumber : Proyek Peningkatan Ruas Jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo, 2005

Berdasarkan tingkat pertumbuhan lalu lintas dan distribusi kendaraan serta komposisi arus lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo didapat analisis lalu lintas harian rata-rata selama umur rencana. Hasil analisis lalu lintas harian rata-rata dilihat pada Tabel 4.2.

1) Menghitung Lalu Lintas Harian Rata-rata pada Umur Rencana

Contoh hitungan pada kendaraan ringan, menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut.

Rumus :

$$LHR_{20} = LHR_0 \times (1+i)^{UR} \quad (2.3)$$

Dengan :

LHR_{20} = Lalu Lintas Harian Rata-rata pada Umur Rencana

LHR_0 = Lalu Lintas Harian Rata-rata pada Tahun Pengamatan (498 kendaraan)

i = Pertumbuhan Lalu Lintas (8%)

UR = Umur Rencana (20 Tahun)

sehingga,

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{20} &= \text{LHR}_0 \times (1+i)^{UR} \\ &= 498 \times (1+0,08)^{20} \\ &= 2.321 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Hasil hitungan Lalu Lintas Harian Rata-rata pada Umur Rencana untuk semua jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Lalu Lintas Harian Rata-rata Selama Umur Rencana dalam Data Kendaraan

No	Tipe Kendaraan	LHR (kendaraan)
1.	Kendaraan ringan 2 Ton (1 + 1)	2.321
2.	Bus 8 Ton (3 + 5)	117
3.	Truck 2 as 13 Ton (5 + 8)	2.130
4.	Truck 3 as 20 Ton (6 + 7,7)	1.762
5.	Truck 5 as 30 Ton (6 + 7,7 + 5 + 5)	2
Jumlah		6.332

c. Jalur Rencana dan Distribusi Kendaraan

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jalur rencana ruas jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo direncanakan memiliki lebar 7 meter dengan 2 jalur.

d. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Dari hasil survai lalu lintas dapat diketahui jenis kendaraan yang melintasi ruas jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo adalah

1. Kendaraan ringan 2 Ton (1 + 1) 2.321
2. Bus 8 Ton (3 + 5) 117
3. Truck 2 as 13 Ton (5 + 8) 2.130
4. Truck 3 as 20 Ton (6 + 7,7) 1.762
5. Truck 5 as 30 Ton (6 + 7,7 + 5 + 5) 2

Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan yang digunakan untuk perancangan ulang tebal lapis *flexible pavement* Jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo Sta. (8+500) sampai (10+500) berdasarkan distribusi kendaran yang lewat dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Lalu Lintas Harian Rata-rata Selama Umur Rencana dalam Data Kendaraan

No	Tipe Kendaraan	Angka Ekivalen (E)
1.	Kendaraan ringan 2 Ton (1 + 1)	0,0004
2.	Bus 8 Ton (3 + 5)	0,1593
3.	Truck 2 as 13 Ton (5 + 8)	1,0648
4.	Truck 3 as 20 Ton (6 + 7,7)	1,0375
5.	Truck 5 as 30 Ton (6 + 7,7 + 5 + 5)	1,3195

e. Lintas Ekivalen Kendaraan

Lintas ekivalen kendaraan terdiri dari : lintas ekivalen permulaan (LEP), lintas ekivalen tengah (LET), lintas ekivalen Akhir (LEA), dan lintas ekivalen rencana (LER).

1) Menghitung Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Contoh hitungan pada kendaraan ringan menggunakan persamaan

Dengan :

LEP = Lintas Ekivalen Permulaan

n = Tahun Pengamatan

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-rata (498 kendaraan)

C_j = Koefisien Distribusi Kendaraan : 0,5 (didapat dari Tabel 2.2)

E_j = Angka Ekivalen (E) beban sumbu Kendaraan (0,0004)

sehingga,

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \sum_{j=1}^n \text{LHR}_j \times C_j \times E_j \\ &= 498 \times 0,5 \times 0,0004 \\ &= 0,0996 \end{aligned}$$

2) Menghitung Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Contoh hitungan pada kendaraan ringan, menggunakan persamaan (2.5) sebagai berikut.

Rumus :

$$\text{LEA} = \sum_{j=1}^n \text{LHR}_{UR} \times C_j \times E_j \quad (2.5)$$

Dengan :

LEA = Lintas Ekivalen Akhir

UR = Umur Rencana

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-rata (2321 kendaraan)

C_j = Koefisien Distribusi Kendaraan : 0,5 (didapat dari Tabel 2.2)

E_j = Angka Ekivalen (E) beban sumbu Kendaraan

sehingga,

$$\begin{aligned} LEA &= \sum_{j=1}^n LHR_{UR} \times C_j \times E_j \\ &= 2321 (1+0,08)^{20} \times 0,5 \times 0,0004 \\ &= 0,4642 \end{aligned}$$

Hasil hitungan Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) untuk semua jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Lalu Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dalam Data Kendaraan

No	Type Kendaraan	LEP	LEA
1.	Kendaraan ringan 2 Ton (1 + 1)	0,0996	0,46423
2.	Bus 8 Ton (3 + 5)	1,99125	9,28113
3.	Truck 2 as 13 Ton (5 + 8)	243,307	1134,04
4.	Truck 3 as 20 Ton (6 + 7,7)	196,088	913,955
5.	Truck 5 as 30 Ton (6 + 7,7 + 5 + 5)	0	1,3195
Jumlah		441,485	2059,06

3) Menghitung Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

Contoh hitungan pada kendaraan ringan, menggunakan persamaan (2.6) sebagai berikut.

Rumus :

$$LET = \frac{1}{2} \times (\Sigma LEP + \Sigma LEA) \quad (2.6)$$

Dengan :

LET = Lintas Ekuivalen Akhir

Σ LEP = Jumlah Lintas Ekuivalen Permulaan (441,485)

Σ LEA = Jumlah Lintas Ekuivalen Akhir (2059,06)

sehingga,

$$\begin{aligned} \text{LET} &= \frac{1}{2} \times (\Sigma \text{LEP} + \Sigma \text{LEA}) \\ &= \frac{1}{2} \times (441,485 + 2059,06) \\ &= 1250,27 \end{aligned}$$

4) Menghitung Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Contoh hitungan pada kendaraan ringan, menggunakan persamaan (2.7) sebagai berikut.

Rumus :

$$\text{LER} = \text{LET} \times \frac{UR}{10} \quad (2.7)$$

Dengan :

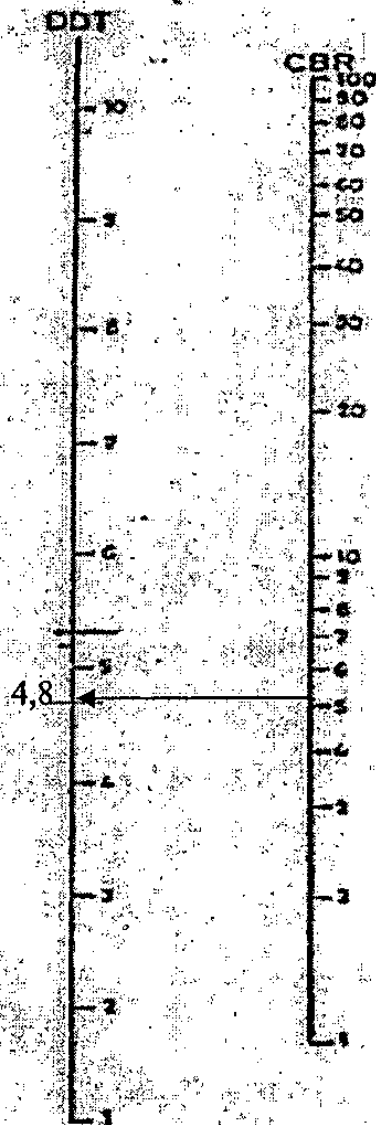
$$\begin{aligned} \text{LER} &= \text{Lintas Ekivalen Rencana} \\ \text{LET} &= \text{Lintas Ekivalen Tengah (1250,27)} \\ \text{UR} &= \text{Umur Rencana (20 tahun)} \end{aligned}$$

sehingga,

$$\begin{aligned} \text{LER} &= \text{LET} \times \frac{UR}{10} \\ &= 1250,27 \times \frac{20}{10} \\ &= 2500,55 \end{aligned}$$

f. CBR dan Daya Dukung Tanah

Nilai CBR karakteristik tanah dasar pada ruas jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo sebesar 5,20 %. Penentuan nilai DDT berdasarkan nomogram pada Gambar 4.1 kolerasi antara CBR dan DDT.



Gambar 1
KORELASI DDT DAN CBR

Catatan : Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar
kesebelah kiri diperoleh nilai DDT.

Gambar 4.1 Daya Dukung Tanah (DDT)

g. Faktor Regional

Dari data sekunder yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum

h. Indeks Permukaan

1) Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IP_0)

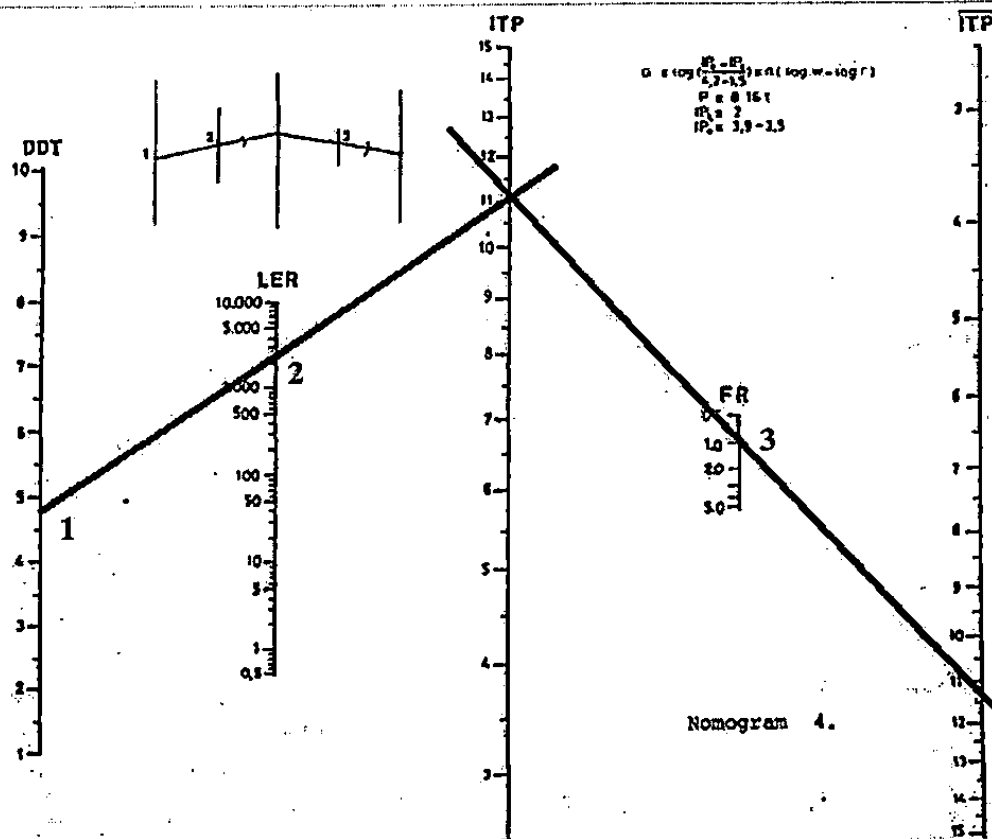
Direncanakan jenis lapisan Laston dengan Roughness >1000 mm/km, maka berdasarkan Buku Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987 diperoleh $IP_0 = 3,9 - 3,5$.

2) Indeks Permukaan pada Umur Rencana (IP_t)

Dari data klasifikasi manfaat Jalan Kolektor dan hasil perhitungan LER yaitu didapat nilai LER = 2500,55 dibulatkan 2501 maka berdasarkan buku petunjuk Perencanaan Tebal perkerasan lentur jalan raya dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987. Daftar V Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP_t) diperoleh $IP_t = 2,0 - 2,5$ diambil nilai 2,0.

i. Indeks Tebal Perkerasan

Nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITD) ditentukan dari nomogram 4



Gambar 4.2 Grafik Penentuan Nilai Indek Tebal Perkerasan (ITP)

Dengan nomogram 4, diperoleh nilai ITP sebesar 11,2. Dari nilai ITP dapat direncanakan susunan lapisan perkerasan sebagai berikut :

- 1) Lapis permukaan digunakan LASTON MS 590 $D_{\text{minimum}} = 10 \text{ cm}$
- 2) Lapis pondasi atas digunakan Batu Pecah kelas A CBR 100%
 $D_{\text{minimum}} = 20 \text{ cm}$
- 3) Lapis pondasi bawah digunakan batu pecah kelas B CBR 50%.

Berdasarkan Buku Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan raya dengan Metode Analisa Komponen SKBI 1987 daftar VII Koefisien Kekuatan Relatif (a), dapat ditentukan nilai kekutaan relatif (a) sebagai berikut:

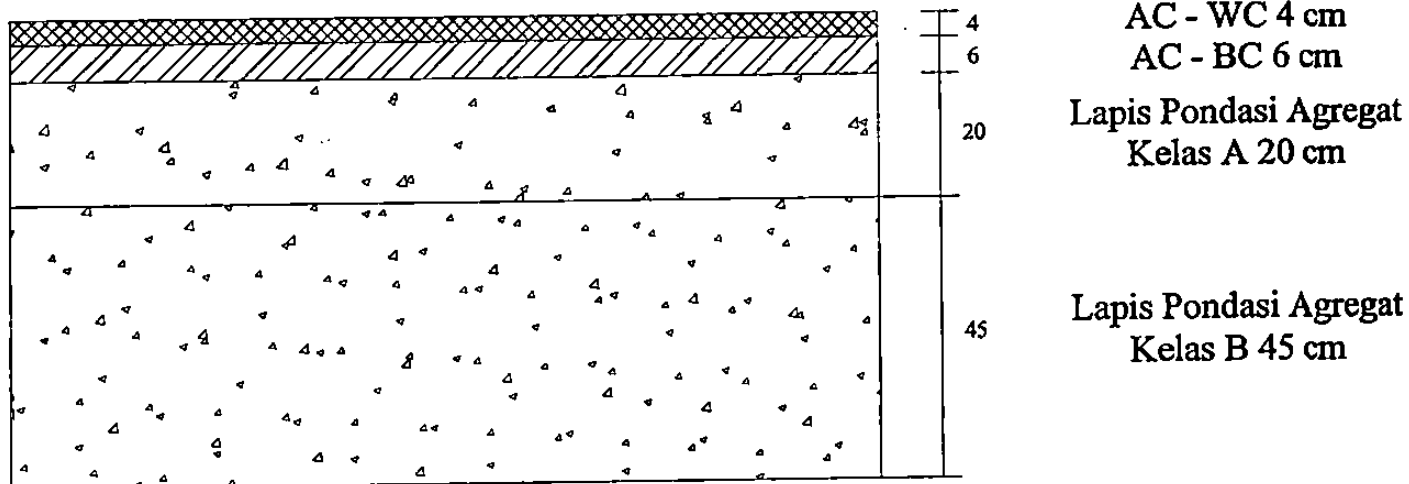
- 1) Lapis permukaan digunakan LASTON MS 590 didapat nilai $a_1 = 0,35$
- 2) Lapis pondasi atas digunakan Batu pecah kelas A CBR 100% didapat nilai $a_2 = 0,14$

Dari nilai ITP dan Koefisien Kekuatan Relatif (a) masing-masing lapis perkerasan, maka dapat dihitung tebal masing-masing lapis perkerasan. Berikut ini adalah perhitungan tebal masing-masing lapis perkerasan.

$$\begin{aligned}
 \text{ITP} &= (a_1 \times D_1) + (a_2 \times D_2) + (a_3 \times D_3) \\
 11,2 &= (0,35 \times 10) + (0,14 \times 20) + (0,12 \times D_3) \\
 11,2 &= 3,5 + 2,8 + 0,12 D_3 \\
 11,2 - 6,3 &= 0,12 D_3 \\
 4,9 &= 0,12 D_3 \\
 D_3 &= \frac{4,9}{0,12} \text{ cm} \\
 D_3 &= 40,83 \text{ cm} \\
 D_3 &\approx 45 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapat tebal masing-masing lapis perkerasan sebesar :

- | | | |
|------------------------|----------------------|--------|
| 1) Lapis Permukaan | : LASTON MS 590 kg | 10 cm |
| 2) Lapis Pondasi Atas | : Batu pecah kelas A | 20 cm |
| 3) Lapis Pondasi Bawah | : Batu pecah kelas B | 45 cm. |



B. Perhitungan Tebal Perkerasan Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

1. Perencanaan Tebal Perkerasan Baru

a. Umur Rencana

Penentuan umur rencana perkerasan baru sesuai dengan Tabel 2.10. Didapat bahwa umur rencana untuk lapis perkerasan 20 tahun dan umur rencana untuk lapis pondasi 40 tahun.

b. *Cumulatif Equivalent Standart Axle (CESA₄)*

1) Analisis Volume Lalu Lintas

Tabel 4.5 Data Lalu Lintas Ruas Jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo 2005

No	Tipe Kendaraan	LHR (kendaraan)
1.	Kendaraan ringan 2 Ton (1 + 1)	498
2.	Bus 8 Ton (3 + 5)	25
3.	Truck 2 as 13 Ton (5 + 8)	457
4.	Truck 3 as 20 Ton (6 + 7,7)	378
5.	Truck 5 as 30 Ton (6 + 7,7 + 5 + 5)	1
Jumlah		1.359

Sumber : Proyek Peningkatan Ruas Jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo, 2005

2) Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Sesuai data sekunder yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kota Yogyakarta, faktor pertumbuhan lalu lintas pada ruas jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo sebesar 8%.

3) Beban Sumbu Standar

Beban sumbu 100 kN diijinkan di beberapa ruas yaitu untuk ruas jalan Kelas I. Namun demikian nilai CESA selalu ditentukan berdasarkan beban sumbu standar 80 kN

4) Menghitung *Equivalent Standart Axle* (ESA₄)

Contoh hitungan untuk kendaraan ringan 2 ton (1+1), menggunakan persamaan (2.12) sebagai berikut.

Rumus :

$$ESA_4 = \left(\frac{L_{ij}}{SL} \right)^4 \quad (2.12)$$

Dengan :

L_{ij} = beban pada sumbu atau kelompok sumbu
 SL = beban standar untuk sumbu atau kelompok sumbu

sehingga,

$$\begin{aligned} ESA_4 &= \left(\frac{1 \times 9,81}{80} \right)^4 + \left(\frac{1 \times 9,81}{80} \right)^4 \\ &= 0,0002 + 0,0002 \\ &= 0,0004 \end{aligned}$$

5) *Cumulatif Equivalent Standart Axle* (CESA₄)

Contoh hitungan untuk kendaraan ringan 2 ton (1+1), menggunakan persamaan (2.14) sebagai berikut.

Rumus :

$$CESA_4 = LHR \times ESA_4 \quad (2.14)$$

Dengan :

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-rata
 ESA₄ = *Equivalent Standart Axle*

$$\begin{aligned} CESA_4 &= LHR \times ESA_4 \\ &= 498 \times 0,0004 \\ &= 0,2252 \end{aligned}$$

Hasil hitungan *Equivalent Standart Axle* (ESA₄) dan *Cumulatif Equivalent Standart Axle* (CESA₄) untuk semua jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data CESA₄ Ruas Jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo

No	Tipe Kendaraan	LHR (kendaraan)	ESA ₄	CESA ₄
1.	Kendaraan ringan 2 Ton (1 + 1)	498	0,0004	0,2252
2.	Bus 8 Ton (3 + 5)	25	0,1596	3,9908
3.	Truck 2 as 13 Ton (5 + 8)	457	1,0674	487,8275
4.	Truck 3 as 20 Ton (6 + 7,7)	378	1,0400	393,1376
5.	Truck 5 as 30 Ton (6 + 7,7 + 5 + 5)	1	1,3227	1,3227
Jumlah		1.359	3,5903	886,5040

Hasil perhitungan CESA₄ di atas merupakan beban lalu lintas yang dialami per 1 harinya, sehingga untuk nilai CESA₄ selama umur rencana dihitung menggunakan persamaan (2.15) sebagai berikut :

$$\text{CESA}_4 \text{ UR tahun} = \text{CESA}_4 \times 365 \times \text{UR} \quad (2.15)$$

Dengan :

$$\text{CESA}_4 = \text{Cumulative Equivalent Standart Axle (886,5040)}$$

$$\text{UR} = \text{Umur Rencana (20 Tahun)}$$

sehingga,

$$\begin{aligned} \text{CESA}_4 \text{ UR tahun} &= \text{CESA}_4 \times 365 \times \text{UR} \\ &= 886,5040 \times 365 \times 20 \\ &= 6,4714 \times 10^6 \text{ ESA}_4 \end{aligned}$$

c. *Cumulatif Equivalent Standart Axle (CESA₅)*

Contoh hitungan untuk kendaraan ringan 2 ton (1+1), menggunakan persamaan (2.17) sebagai berikut.

Rumus :

$$CESA_5 = (TM \times CESA_4) \quad (2.17)$$

Dengan :

$$TM = \text{Traffic Multiplier (1,8 - 2)}$$

$$CESA_4 = \text{Cumulatif Equivalent Standart Axle}$$

$$CESA_5 = (TM \times CESA_4)$$

$$= (2 \times 0,2252)$$

$$= 0,4504$$

Hasil hitungan *Equivalent Standart Axle (ESA₄)*, *Cumulatif Equivalent Standart Axle (CESA₄)* dan *CESA₅* untuk semua jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data CESA₅ Ruas Jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo

No	Tipe Kendaraan	LHR (kendaraan)	ESA ₄	CESA ₄	CESA ₅
1.	Kendaraan ringan 2 Ton (1 + 1)	498	0,0004	0,2252	0,4504
2.	Bus 8 Ton (3 + 5)	25	0,1596	3,9908	7,9816
3.	Truck 2 as 13 Ton (5 + 8)	457	1,0674	487,8275	975,6550
4.	Truck 3 as 20 Ton (6 + 7,7)	378	1,0400	393,1376	786,2751
5.	Truck 5 as 30 Ton (6 + 7,7 + 5 + 5)	1	1,3227	1,3227	2,6454
	Jumlah	1.359	3.5903	886,5040	1773,0076

Nilai $CESA_5$ selama umur rencana dihitung menggunakan persamaan (2.18) sebagai berikut.

Rumus :

$$CESA_5 \text{ UR tahun} = CESA_5 \times 365 \times \text{UR} \quad (2.18)$$

Dengan :

$$CESA_5 = 1773,0076$$

$$\text{UR} = \text{Umur Rencana (20 Tahun)}$$

sehingga,

$$\begin{aligned} CESA_5 \text{ 20 tahun} &= CESA_5 \times 365 \times \text{UR} \\ &= 1773,0076 \times 365 \times 20 \\ &= 12,9429 \times 10^6 \text{ ESA}_5 \end{aligned}$$

Dengan :

$$CESA_5 = 1773,0076$$

$$\text{UR} = \text{Umur Rencana (40 Tahun)}$$

sehingga,

$$\begin{aligned} CESA_5 \text{ 40 tahun} &= CESA_5 \times 365 \times \text{UR} \\ &= 1773,0076 \times 365 \times 40 \\ &= 25,8859 \times 10^6 \text{ ESA}_5 \end{aligned}$$

d. Menentukan Tipe Perkerasan yang akan Digunakan

Untuk menentukan tipe perkerasan yang akan digunakan, diperlukan data $CESA_4$ selama umur rencana. Sesuai dengan hasil perhitungan, nilai $CESA_4$ selama umur rencana pada penelitian ini yaitu sebesar $6,4714 \times 10^6 \text{ ESA}_4$. Dari tabel 2.14 didapat Tipe Struktur Perkerasan yaitu *Asphalt Concrete (AC)* dengan *Cement Treated Base (CTB)* dan untuk menentukan tebal perkerasan digunakan bagan desain 3

2) Lalu Lintas Harian rata-rata pada Umur 20 Tahun Setelah Habis Masa Layan

Contoh hitungan untuk kendaraan ringan 2 ton (1+1), menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut.

Rumus :

$$LHR_{20} = LHR_0 \times (1+i)^{20} \quad (2.3)$$

Dengan :

LHR_0 = LHR pada awal tahun layan jalan

i = pertumbuhan lalu lintas

sehingga,

$$\begin{aligned} LHR_{20} &= LHR_0 \times (1+i)^{20} \\ &= 498 \times (1+0,08)^{20} \\ &= 2321 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Hasil hitungan Lalu Lintas Harian Rata-rata pada umur 20 tahun setelah habis masa layan untuk semua jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data Lalu Lintas Rencana Ruas Jalan Sentolo – Pengasih – Waduk
Sermo 2025

No	Type Kendaraan	LHR (kendaraan)	LHR ₂₀
1.	Kendaraan ringan 2 Ton (1 + 1)	498	2321
2.	Bus 8 Ton (3 + 5)	25	117
3.	Truck 2 as 13 Ton (5 + 8)	457	2130
4.	Truck 3 as 20 Ton (6 + 7,7)	378	1762
5.	Truck 5 as 30 Ton (6 + 7,7 + 5 + 5)	1	5
Jumlah		1.358	6334

3) CESA₄

Contoh hitungan untuk kendaraan ringan 2 ton (1+1), menggunakan persamaan (2.20) dan (2.22) sebagai berikut.

Rumus :

$$ESA_4 = \left(\frac{L_{ij}}{SL} \right)^4 \quad (2.20)$$

Dengan :

L_{ij} = beban pada sumbu atau kelompok sumbu

SL = beban standar untuk sumbu atau kelompok sumbu

sehingga,

$$\begin{aligned} ESA_4 &= \left(\frac{1 \times 9,81}{80} \right)^4 + \left(\frac{1 \times 9,81}{80} \right)^4 \\ &= 0,0002 + 0,0002 \\ &= 0,0004 \end{aligned}$$

Rumus :

$$CESA_4 = LHR_{20} \times ESA_4 \quad (2.22)$$

Dengan :

LHR₂₀ = Lalu Lintas Harian Rata-rata pada umur rencana 20 tahun

ESA₄ = *Equivalent Standart Axle*

sehingga,

$$\begin{aligned} CESA_4 &= LHR_{20} \times ESA_4 \\ &= 2321 \times 0,0004 \\ &= 1,0497 \end{aligned}$$

Hasil hitungan LHR₂₀, *Equivalent Standart Axle* (ESA₄) dan *Cumulatif Equivalent Standart Axle* (CESA₄) untuk semua jenis

Tabel 4.9 Data CESA₄ Ruas Jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo

No	Tipe Kendaraan	LHR ₂₀ (kendaraan)	ESA ₄	CESA ₄
1.	Kendaraan ringan 2 Ton (1 + 1)	2321	0,0004	1,0497
2.	Bus 8 Ton (3 + 5)	117	0,1596	18,6009
3.	Truck 2 as 13 Ton (5 + 8)	2130	1,0674	2273,7431
4.	Truck 3 as 20 Ton (6 + 7,7)	1762	1,0400	1832,3974
5.	Truck 5 as 30 Ton (6 + 7,7 + 5 + 5)	5	1,3227	6,1649
Jumlah		6334	3,5903	4131,9561

Hasil perhitungan CESA₄ di atas merupakan beban lalu lintas yang dialami per 1 harinya, sehingga untuk nilai CESA₄ selama umur rencana dihitung menggunakan persamaan (2.23) sebagai berikut.

$$\text{CESA}_4 \text{ 20 tahun} = \text{CESA}_4 \times 365 \times \text{UR} \quad (2.23)$$

Dengan :

$$\text{CESA}_4 = 4131,9561$$

$$\text{UR} = \text{Umur Rencana (20 Tahun)}$$

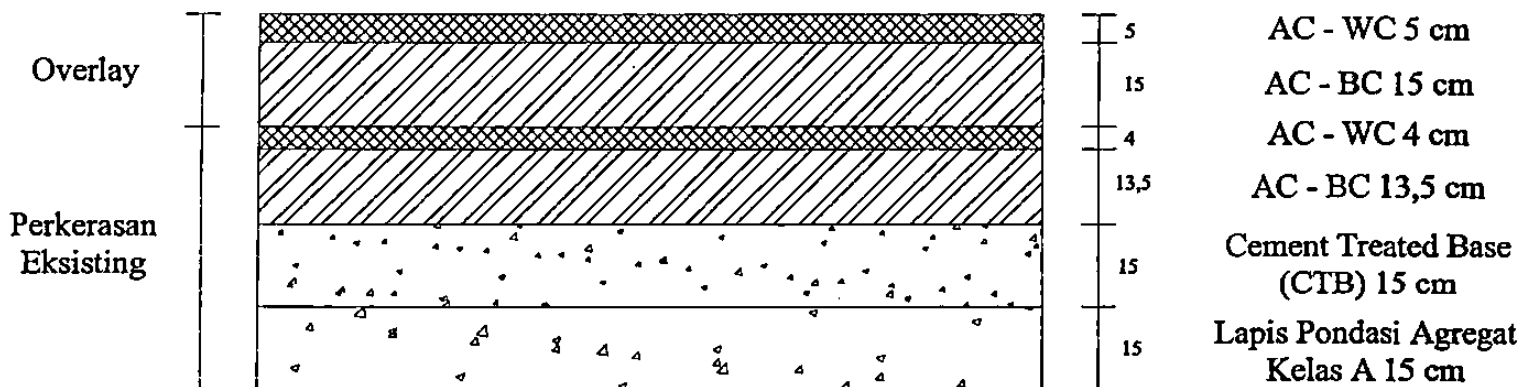
sehingga,

$$\begin{aligned} \text{CESA}_4 \text{ 20 tahun} &= \text{CESA}_4 \times 365 \times \text{UR} \\ &= 4131,9561 \times 365 \times 20 \\ &= 30,1633 \times 10^6 \text{ ESA}_4 \end{aligned}$$

Dari data lendutan karakteristik sebesar 2,107 mm dan CESA₄ pada umur rencana 20 tahun sebesar $30,1633 \times 10^6$ ESA₄ dapat ditentukan level desain dan pemicu penanganan. Sesuai gambar 2.3

c. Prosedur Desain Lapis Tambah

Penanganan lapis tambah struktural untuk lalu lintas $3,01633 \times 10^7$ ESA₄ termasuk pada prosedur desain lapis tambah untuk lalu lintas lebih dari 10^7 , sehingga Prosedur mekanistik Umum atau metode AASHTO dapat digunakan dalam memperkirakan nilai modulus dan tebal lapis perkerasan eksisting. Nilai modulus ini kemudian digunakan untuk menentukan solusi desain *overlay* dengan program analisis perkerasan multi-layer seperti CIRCLY. Namun, keterbatasan *software* menjadi kendala dalam penyelesaian perencanaan tebal *overlay* ini, maka diasumsikan nilai 200 mm untuk tebal perkerasan jalan.



Gambar 4.5 Tebal Perkerasan Tambahan (*overlay*) Berdasarkan Peraturan Bina Marga 2013

C. Rencana Anggaran Biaya dan *Time Schedule*

1. Perhitungan Analisa Harga Satuan

Contoh hitungan dari Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Tebal Perkerasan Menggunakan Bina Marga 1987. Perhitungan analisa harga satuan untuk pekerjaan Galian Biasa dapat dilihat pada tabel 4.10. Alat yang dibutuhkan dalam pekerjaan Galian Biasa adalah Excavator, Dump Truck 4

Tabel 4.10 Analisa Harga Satuan

**FORMULIR REKAMAN
ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN**

Jenis Pekerjaan : Galian Biasa
Satuan Pengukuran : m³

URAIAN		Satuan	Kuantitas	Biaya Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
Tenaga Kerja					
Pekerja	(L01)	jam	0,237	5.714,29	1.354,50
Mandor	(L03)	jam	0,059	6.428,57	380,95
Jumlah Harga Tenaga Kerja					1.735,45
Bahan-bahan					
Jumlah Harga Bahan-bahan					0,00
Peralatan					
Excavator	(E15)	jam	0,059	325.507,03	19.289,31
Dump Truck 4 m ³	(E10)	jam	0,195	172.804,17	33.764,78
Alat Bantu		ls	1,000	1.000,00	1.000,00
Jumlah Harga Peralatan					54.054,08
Jumlah (A+B+C)					55.789,53
Biaya Umum dan Keuntungan (10% × D)					5.578,95
Harga Satuan (D+E):					61.368,49

a. Perhitungan Alat *Excavator*

Faktor Pengembangan Bahan	= 1,2
Kapasitas Bucket	= 0,5 m ³
Faktor Bucket	= 0,9
Faktor Efisiensi Alat	= 0,75
Waktu Siklus (Ts1)	= 1 menit
Menggali/memuat	= 0,5 menit
Lain-lain	= 0,5 menit

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi/jam} &= \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts1 \times Fk} \\ &= \frac{0,5 \times 0,9 \times 0,75 \times 60}{1 \times 1,2} \\ &= 16,875 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien alat/m}^3 &= \frac{1}{Q1} \\ &= \frac{1}{16,875} \\ &= 0,059 \text{ jam} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Alat *Dump Truck* 4 m³

Jarak Tempuh	= 4 km
Faktor Pengembangan Bahan	= 1,2
Kapasitas Bak	= 4 m ³
Faktor Efisiensi Alat	= 0,75
Kecepatan Rata-rata Bermuatan	= 25 km/jam
Kecepatan Rata-rata Kosong	= 35 km/jam

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Tempuh Isi} &= \frac{L}{V1} \times 60 \\
 &= \frac{4}{25} \times 60 \\
 &= 9,6 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Tempuh Kosong} &= \frac{L}{V2} \times 60 \\
 &= \frac{4}{35} \times 60 \\
 &= 6,857 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Muat} &= \left(\frac{V}{Q1 \times Fk} \right) \times 60 \\
 &= \left(\frac{4}{16,875 \times 1,2} \right) \times 60 \\
 &= 11,852 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\text{Lain-lain} = 1 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Produksi/jam} &= \frac{V \times Fa \times 60}{Ts2 \times Fk} \\
 &= \frac{4 \times 0,75 \times 60}{29,309 \times 1,2} \\
 &= 5,118 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Kebutuhan Tenaga Kerja

1) Pekerja

$$\text{Pekerja (p)} = 4 \text{ orang}$$

$$\text{Jam Kerja Efektif/hari} = 7 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} Q_t &= T_k \times Q_1 \\ &= 7 \times 16,875 \\ &= 118,125 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi Pekerja} &= \frac{T_k \times p}{Q_t} \\ &= \frac{7 \times 4}{118,125} \\ &= 0,237 \text{ jam} \end{aligned}$$

2) Mandor

$$\text{Mandor (m)} = 1 \text{ orang}$$

$$\text{Jam Kerja Efektif/hari} = 7 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} Q_t &= T_k \times Q_1 \\ &= 7 \times 16,875 \\ &= 118,125 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Produksi Mandor} = \frac{T_k \times p}{Q_t}$$

d. Perhitungan Jumlah Harga Satuan dari Setiap Komponen Pekerjaan

1) Alat *Excavator*

$$\begin{aligned}\text{Harga Satuan} &= \text{Perkiraan Kuantitas} \times \text{harga} \\ &= 0,059 \times 325.507,03 \\ &= \text{Rp } 19.289,31\end{aligned}$$

2) Alat *Dump Truck* 4 m³

$$\begin{aligned}\text{Harga Satuan} &= \text{Perkiraan Kuantitas} \times \text{harga} \\ &= 0,195 \times 172.804,17 \\ &= \text{Rp } 33.764,78\end{aligned}$$

3) Alat Bantu

$$\begin{aligned}\text{Harga Satuan} &= \text{Perkiraan Kuantitas} \times \text{harga} \\ &= 1 \times 1000 \\ &= \text{Rp } 1.000,00\end{aligned}$$

4) Pekerja

$$\begin{aligned}\text{Harga Satuan} &= \text{Perkiraan Kuantitas} \times \text{harga} \\ &= 0,237 \times 5.714,29 \\ &= \text{Rp } 1.354,50\end{aligned}$$

5) Mandor

$$\begin{aligned}\text{Harga Satuan} &= \text{Perkiraan Kuantitas} \times \text{harga} \\ &= 0,059 \times 6.428,57 \\ &= \text{Rp } 380,95\end{aligned}$$

Jumlah harga pekerja, material dan alat sebesar Rp 55.789,53 dan untuk analisis harga satuan selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran

2. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya pekerjaan jalan Sentolo – Pengasih – Waduk Sermo pada Sta. 8+500 sampai Sta. 10+500 ditentukan berdasarkan hasil perhitungan volume pekerjaan, jumlah material dan harga satuan. Rencana anggaran biaya dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.11 Rencana Anggaran Biaya

DIVISI	URAIAN	JUMLAH HARGA PEKERJAAN (Rp)
1	UMUM	75.416.100,00
2	DRAINASE	302.740.794,19
3	PEKERJAAN TANAH	1.629.378.457,63
4	PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN	183.914.204,39
5	PERKERASAN BERBUTIR	3.800.322.886,41
6	PERKERASAN ASPAL	3.502.900.271,47
7	STRUKTUR	1.398.153.471,29
8	PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR	81.265.292,68
10	PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN	5.000.000,00
JUMLAH HARGA PEKERJAAN (Termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)		10.979.091.478,06
PAJAK PERTAMBAHAN NILAI (PPN) = 10% × (A)		1.097.909.147,81
JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)		12.077.000.625,87

D. Pembahasan

Perbandingan hasil perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode Analisa Komponen SKBI 1987 dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perbandingan hasil perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode Analisa Komponen SKBI 1987 dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Perencanaan	Bina Marga 1987	Bina Marga 2013
Umur Rencana		
Lapis Permukaan	20 Tahun	20 Tahun
Lapis Pondasi (tanah dasar)	20 Tahun	40 Tahun
Struktur Perkerasan		
AC - WC	4 cm	4 cm
AC - BC	6 cm	13,5 cm
<i>Cement Treated Base (CTB)</i>	-	15 cm
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	20 cm	15 cm
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	45 cm	-
Penanganan Setelah		
Umur Rencana 20 Tahun	Rekonstruksi Ulang	<i>Overlay</i>
Struktur Perkerasan Setelah		
Umur Rencana 20 Tahun		
AC - WC (<i>overlay</i>)	-	5 cm
AC - BC (<i>overlay</i>)	-	15 cm
AC - WC (baru)	4 cm	4 cm
AC - BC (baru)	6 cm	13,5 cm
<i>Cement Treated Base (CTB)</i>	-	15 cm
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	20 cm	15 cm
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	45 cm	-
Anggaran Biaya	Dalam Periode Studi 40 Tahun	
Perkerasan Baru	Rp 12.077.000.625,87	Rp 13.476.181.420,68
Perkerasan Setelah 20 Tahun	Rp 46.737.992.422,12	Rp 29.312.195.132,95
Total	Rp 58.814.993.047,99	Rp 42.788.376.553,63
Waktu Pelaksanaan		
Perkerasan Baru	189 Hari	217 Hari
Perkerasan Setelah 20 Tahun	189 Hari	70 Hari
Total	378 Hari	287 Hari

1. Umur Rencana

Umur rencana pada struktur perkerasan menggunakan Metode Analisis Komponen SKBI 1987 baik untuk lapis perkerasan maupun lapis pondasi (tanah dasar) selama 20 tahun. Sedangkan umur rencana pada struktur perkerasan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 untuk lapis perkerasan selama 20 tahun dan untuk lapis pondasi (tanah dasar) selama 40 tahun.

2. Struktur Perkerasan

Dari hasil perencanaan menggunakan metode Bina Marga 1987 dan metode Bina Marga 2013 terdapat perbedaan struktur lapis pondasi atas. Perencanaan menggunakan metode Bina Marga 1987 menghasilkan struktur lapis pondasi atas dengan bahan material agregat kelas A sedangkan pada perencanaan menggunakan metode Bina Marga 2013 menghasilkan struktur lapis pondasi atas dengan bahan material *Cement Treated Base (CTB)*.

3. Penanganan setelah Umur Rencana 20 Tahun

Berdasarkan data umur rencana lapis pondasi (tanah dasar) menggunakan metode Bina Marga 2013 yaitu selama 40 tahun, hal ini menjadikan hasil perencanaan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 menjadi lebih unggul apabila periode 40 tahun ini diterapkan pada perencanaan menggunakan metode Bina Marga 1987. Setelah umur rencana berjalan 20 tahun, maka struktur jalan yang direncanakan menggunakan metode Bina Marga 1987 harus dilakukan rekonstruksi ulang mulai dari lapisan pondasi hingga lapis permukaan karena telah habis masa layan jalan baik dari lapisan pondasi hingga lapis permukaan. Namun pada struktur jalan yang direncanakan menggunakan metode Bina Marga 2103 hanya diperlukan lapis tambahan (*overlay*) saja, karena untuk lapisan pondasi masih

... 20 tahun sehingga rekonstruksi hanya

4. Rencana Anggaran Biaya

Sesuai dengan analisis pada penelitian ini bahwa periode studi selama 40 tahun, rencana anggaran biaya terdiri dari rencana anggaran biaya awal perencanaan dan rencana anggaran biaya setelah umur rencana 20 tahun. Untuk rencana anggaran biaya tebal perkerasan menggunakan metode Bina Marga 1987 terdiri dari RAB awal perencanaan jalan baru sebesar Rp 12.077.000.625,87 dan RAB rekonstruksi ulang sebesar Rp 46.737.992.422,12. Rencana anggaran biaya pada rekonstruksi ulang dianggap sama dengan rencana anggaran biaya perencanaan jalan baru, namun dikalikan dengan faktor bunga (F/P, 7%, 20) yang didapatkan dari tabel bunga yaitu sebesar 3,87. Total rencana anggaran biaya perkerasan menggunakan metode Bina Marga 1987 sebesar Rp 58.814.993.047,99.

Untuk rencana anggaran biaya tebal perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2013 terdiri dari RAB awal perencanaan jalan baru sebesar Rp 13.476.181.420,68 dan RAB lapis tambahan (*overlay*) sebesar Rp 29.312.195.132,95. Rencana anggaran biaya pada lapis tambahan (*overlay*) tetap menggunakan harga satuan 2013 namun hasil perhitungan RAB dikalikan dengan faktor bunga (F/P, 7%, 20) yang didapatkan dari tabel bunga yaitu sebesar 3,87. Total rencana anggaran biaya perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2013 sebesar Rp 42.788.376.553,63. Total RAB ini lebih murah dibandingkan dengan total RAB menggunakan metode Bina Marga 1987. Hal ini disebabkan pada metode Bina Marga 2013 penanganan setelah umur rencana 20 tahun hanya diperlukan lapis tambahan (*overlay*) saja, sehingga biaya menjadi lebih murah.

Apabila perbandingan dilakukan hanya pada perencanaan awal saja yaitu perencanaan jalan baru, maka perencanaan menggunakan metode Bina Marga 2013 menjadi lebih mahal karena dari segi bahan material yang digunakan sudah sangat berbeda. Namun pada penelitian ini perbandingan dilakukan berdasarkan periode studi 40 tahun sehingga perbedaan penanganan setelah umur rencana 20 tahun yaitu rekonstruksi ulang pada

Marga 2013' membuat rencana anggaran biaya perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2013 lebih murah.

5. Waktu Pelaksanaan

Sesuai dengan analisis pada penelitian ini bahwa periode studi selama 40 tahun, perhitungan waktu pelaksanaan terdiri dari perhitungan waktu pelaksanaan awal perencanaan dan perhitungan waktu pelaksanaan setelah umur rencana 20 tahun. Untuk waktu pelaksanaan pekerjaan perkerasan menggunakan metode Bina Marga 1987 terdiri dari waktu pelaksanaan awal perencanaan jalan baru yaitu selama 189 hari dan waktu pelaksanaan rekonstruksi ulang yaitu selama 189 hari. Waktu pelaksanaan pada rekonstruksi ulang dianggap sama dengan waktu pelaksanaan perencanaan jalan baru karena jenis pekerjaan sama. Total waktu pelaksanaan perkerasan menggunakan metode Bina Marga 1987 selama 378 hari.

Untuk waktu pelaksanaan pekerjaan perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2013 terdiri dari waktu pelaksanaan awal perencanaan jalan baru yaitu selama 217 hari dan waktu pelaksanaan lapis tambahan (*overlay*) yaitu selama 70 hari. Total waktu pelaksanaan perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2103 selama 287 hari.

Dari penjelasan di atas didapatkan waktu pelaksanaan pekerjaan perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2013 lebih singkat dibanding dengan waktu pelaksanaan pekerjaan perkerasan menggunakan metode Bina Marga 1987.

Apabila perbandingan dilakukan hanya pada perencanaan awal saja yaitu perencanaan jalan baru, maka perencanaan menggunakan metode Bina Marga 2013 menjadi lebih lama waktu pekerjaannya karena dari segi bahan material yang digunakan sudah sangat berbeda sehingga jenis pekerjaannya pun menjadi berbeda. Namun pada penelitian ini perbandingan dilakukan berdasarkan periode studi 40 tahun sehingga perbedaan penanganan setelah umur rencana 20 tahun yaitu rekonstruksi ulang pada metode Bina Marga 1987 dan lapis tambahan (*overlay*) pada metode Bina

Marga 2013 membuat waktu pelaksanaan pekerjaan perkerasan menggunakan metode Pine Marga 2013 lebih singkat