

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perhitungan Tebal Perkerasan Metode Manual Desain Perkerasan 2013

##### 1. Perencanaan Tebal Perkerasan

###### a. Umur Rencana

Dalam penentuan umur rencana perkerasan mengacu pada data sekunder yaitu 20 tahun

###### b. Volume Lalu Lintas

Untuk data lalu lintas pada jalan Tempel – Pakem dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Lalu Lintas Jalan Tempel – Pakem (Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, 2016)

Jenis Kendaraan	Volume Kendaraan
Mobil Penumpang	1732
Minibus, Oplet, dll	262
Micro truck, pick-up, mobil hantaran	599
Bus Kecil	16
Bus Besar	5
Truck Ringan 2 As	59
Truck Berat 2 As	285
Truck Berat 3 As	15
Jumlah	2973

###### c. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk data pertumbuhan lalu lintas didapatkan dari Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan didapatkan angka pertumbuhan lalu lintas pada jalan Tempel – Pakem sebesar 4,28 %.

Untuk faktor pengali pertumbuhan lalu lintas dapat dilihat pada persamaan 2.1:

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana : R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas  
 i = Tingkat pertumbuhan tahunan (4,28 %)  
 UR = Umur rencana (20 tahun)

$$\text{Sehingga } R = \frac{(1+0,0428)^{20}-1}{0,0428} = 30,658$$

d. Faktor Distribusi Lajur

Dalam menentukan distribusi lajur ( $D_L$ ) dapat menggunakan tabel 2.5. Dari hasil tabel tersebut didapatkan nilai pada distribusi lajur ( $D_L$ ) sebesar 80%

e. Menghitung *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)*

Untuk mengitung nilai *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* dapat menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3

$$ESA = (\sum LHRT_{\text{jenis kendaraan}} \times VDF) \dots\dots\dots (4.2)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \times D_L \dots\dots\dots (4.3)$$

Dimana :

ESA = Lintas sumbu standar ekivalen untuk 1 hari  
 LHRT = Lalu lintas harian rata-rata untuk jenis kendaraan tertentu  
 CESA = Komulatif beban standar ekivalen selama umur rencana  
 R = Faktor pertumbuhan lalu lintas  
 $D_L$  = Distribusi Lajur

Sehingga : Menggunakan contoh hitungan pada kendaraan bus kecil konfigurasi sumbu 1.2

$$\begin{aligned} ESA &= (16 \times 0,3) \\ &= 4,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CESA4 &= ESA \times 365 \times R \times D_L \\ &= 4,8 \times 365 \times 30,658 \times 0,8 \\ &= 42970,252 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

f. *Traffic Multiplier* (TM)

Dalam menentukan nilai TM berkisar antara 1,8 – 2, dalam penelitian ini menggunakan nilai TM 2 dikarenakan untuk mendapatkan nilai beban lalu lintas rencana terbesar sehingga didapatkan tebal perkerasan paling aman.

g. Menghitung CESA<sub>5</sub>

$$CESA_5 = TM \times CESA_4$$

Dimana : TM = *Traffic Multiplier*, menggunakan nilai 2

Sehingga : Menggunakan contoh hitungan mobil penumpang

$$\begin{aligned} CESA_5 &= 2 \times 7441,463 \\ &= 14882,926 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Prediksi Kendaraan Selama Umur Rencana (Hasil Perhitungan)

Jenis Kendaraan		VDF	D <sub>L</sub>	LHR/Hari	ESA	R	ESA <sub>4</sub>	ESA <sub>5</sub>
Gol 2, 3 4	Mobil Penumpang	-	0,8	1732	-	30,658	-	-
Gol 2, 3 4	Minibus, Oplet, dll	-	0,8	262	-	30,658	-	-
Gol 2, 3 4	pick-up, mobil hantaran	-	0,8	599	-	30,658	-	-
Gol 5.a	Bus Kecil	0,3	0,8	16	4,8	30,658	42970,252	85940,505
Gol 5.b	Bus Besar	1,00	0,8	5	5	30,658	44760,68	89521,36
Gol 6,2	Truck Ringan 2 As	0,8	0,8	59	47,2	30,658	422540,81	845081,63
Gol 8,2	Truck Berat 2 As	0,9	0,8	285	256,5	30,658	2296222,88	4592445,76
Gol 9,3	Truck Berat 3 As	28,90	0,8	15	433,5	30,658	3880750,95	7761501,91
CESA 20 Tahun							6687245,57	13374491,14

## h. CBR

Pada ruas Jalan Tempel – Pakem memiliki nilai CBR 6,55 % pada tanah dasar dan dapat dikategorikan sangat baik karena tidak memerlukan peningkatan tanah pada tanah dasar. Untuk menentukan desain solusi pondasi jalan minimum dapat melihat Tabel 2.9

Tabel 4.3 Desain Solusi Pondasi Jalan Minimum (Bina Marga, 2013)

CBR Tanah Dasar Chart 1 atau Tanah dasar 100% MDD, dipadatkan rendaman 4 hari	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi (4)	Lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA <sub>5</sub> )		
				<2	2 - 4	>4
>6	SG6		Perbaikan tanah dasar meliputi	Tidak perlu peningkatan		
5	SG5		bahan stabilitas			100
4	SG4	A	kapur atau timbunan	100	150	200
3	SG3		pilihan(pemadata	150	200	300
2.5	SG2.5		n berlapis	175	250	350
Tanah ekspansif (potential swell >5%)		AE	≤200mm tebal lapis)	400	500	600
< 2.5 (DCP insitu)	SG1 aluvial jenuh Tipikal CBR awal ≤ 1.5 % dibawah lapis permukaan keras	B	Lapis penompang <i>capping</i> Atau lapis penopang dan <i>geogrid</i>	1000	1100	1200
				650	750	850

Tabel 4.3 Desain Solusi Pondasi Jalan Minimum (Lanjutan) (Bina Marga, 2013)

CBR Tanah Dasar Chart 1 atau Tanah dasar 100% MDD, dipadatkan rendaman 4 hari	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi (4)	Lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA <sub>5</sub> )			Tebal peningkatan tanah dasar minimum (mm)
				<2	2 - 4	>4	
Perkerasan lentur alluvial kering	C1		Perbaikan tanah dasar atau timbunan dengan rendaman CBR $\geq 5$ dalam 3 lapis	400	500	600	
Perkerasan kaku pada tanah alluvial kepadatan rendah kering	C2		Perbaikan tanah dasar atau timbunan dengan rendaman CBR $\geq 5$ dengan tebal per lapis <300mm	1000	1100	1200	
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan DBST	D		Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500	

Dari hasil tabel desain solusi pondasi jalan minimum didapatkan hasil :

- 1) CBR Tanah Dasar : 6,55 %
- 2) Kelas kekuatan tanah dasar : SG6
- 3) Prosedur desain pondasi : A
- 4) Deskripsi struktur pondasi : Perbaikan tanah dasar meliputi stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis  $\leq 200$ mm tebal lapis)
- 5) Tebal peningkatan tanah dasar minimum : Tidak memerlukan peningkatan

## a. Menentukan Struktur Perkerasan

Dalam menentukan struktur perkerasan jalan dapat melihat Tabel 2.10 tentang pemilihan pada perkerasan jalan. Dari hasil analisis ESA 20 Tahun didapatkan hasil sebesar 6.687.245,57 ESAL sehingga didapatkan jenis struktur perkerasan AC dengan CTB (pangkat 5) dan menggunakan desain 3. Untuk detail pemilihan struktur perkerasan dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Pemilihan Jenis Perkerasan (Bina Marga, 2013)

Struktur Perkerasan	Desain	ESA 20 Tahun (Juta) (Pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0,1-0,5	1-4	4-10	10-30	>30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	4			2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah	4A		1,2			
AC WC modifikasi atau SMA dengan CTB (pangkat5)	3				2	
AC dengan CTB (pangkat 5)	3			2		
AC tebal $\geq 100$ m dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)	3A			1,2		
AC tipis atau HRS diatas lapis berbutir	3		1,2			
Burda atau Burtu dengan LPA kelas A atau kerikil alam	Tabel 2.9	3	3			
Lapis pondasi tanah semen ( <i>Soil Cement</i> )	Tabel 2.10	1	1			
Perkerasan tanpa tutup	Tabel 2.11	3				

## b. Menentukan Tebal Lapis Perkerasan Lentur

Dalam menentukan tebal lapis perkerasan lentur dapat mengacu pada Tabel 2.11 tentang desain perkerasan lentur aspal

Tabel 4.5 Desain Perkerasan Lentur Aspal (Bina Marga, 2013)

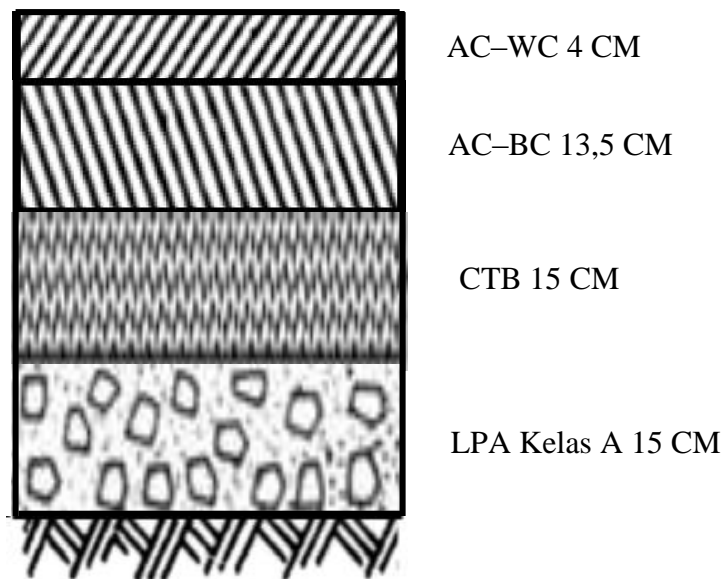
STRUKTUR PERKERASAN								
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
	Lihat Desain 5 & 6				Lihat Bagan Desain 4 untuk Opsi Lebih Murah			
Pengulangan sumbu desain 20 th korelasi di lajur desain (pangkat 5) ( $10^6$ CESA <sub>5</sub> )	<0,5	0,5-2	2-4	4-30	30-50	50-100	100-200	200-500
Jenis Permukaan Berpengikat	HRS, SS atau Penmac	HRS (6)		Acc atau Acf		Acc		
Jenis Lapis Pondasi Atas dan Lapis Pondasi Bawah	Lapis Pondasi Berbutir A			Cement Treated Base (CTB)				
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
	HRS WC	30	30	30				
	HRS Base	35	35	35				
	AC WC				40	40	40	50
Lapis Beraspal	AC BC				135	155	185	220
atau	CTB				150	150	150	150
LPA Kelas A	LPA Kelas A	150	250	250	150	150	150	150
LPA Kelas A, LPA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10 %		150	125	125				

Dari chart desain perkerasan lentur didapatkan hasil untuk tebal perkerasan seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Tebal Perkerasan Metode Manual Desain Perkerasan 2013 (Hasil Perhitungan)

Lapis Perkerasan	Tebal Perkerasan (mm) Alternatif Bagan Desain 3
AC WC	40
AC BC	135
CTB	150
LPA Kelas A	150

Untuk gambar tebal lapis perkerasan dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Tebal Perkerasan Metode Manual Desain Perkerasan 2013



## 4.2 Perhitungan Tebal Perkerasan Metode *Asphalt Institute 1991*

### a. Analisis Volume Lalu Lintas

Pada volume lalu lintas data yang digunakan sama dengan data yang digunakan dalam metode manual desain perkerasan 2013 menggunakan tingkat pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,28 % dan umur rencana sebesar 20 tahun sedangkan untuk mencari *Growth Factor* (GF) dapat menggunakan persamaan 2.8

$$GF = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i}$$

$$GF = \frac{(1+0,00428)^{20}-1}{0,0428} = 30,658$$

Hasil perhitungan pada *Growth Factor* (GF) dapat dikoreksi menggunakan Tabel 2.16

Untuk menghitung lalu lintas di akhir umur rencana dapat dihitung menggunakan rumus :

#### 1) Kendaraan Bus Kecil

$$\begin{aligned} LL\ 2036 &= LHR\ 2016 \times GF \\ &= 16 \times 30,658 \\ &= 450,52 \approx 451 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

#### 2) Kendaraan Bus Besar

$$\begin{aligned} LL\ 2036 &= LHR\ 2016 \times GF \\ &= 5 \times 30,658 \\ &= 153,29 \approx 154 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

#### 3) Kendaraan Truck Ringan 2 As

$$\begin{aligned} LL\ 2036 &= LHR\ 2016 \times GF \\ &= 59 \times 30,658 \\ &= 1808,82 \approx 1809 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

## 4) Kendaraan Truck Berat 2 As

$$\begin{aligned}
 LL\ 2036 &= LHR\ 2016 \times GF \\
 &= 285 \times 30,658 \\
 &= 8737,53 \approx 8738 \text{ Kendaraan/hari}
 \end{aligned}$$

## 5) Kendaraan Truck Berat 3 As

$$\begin{aligned}
 LL\ 2036 &= LHR\ 2016 \times GF \\
 &= 15 \times 30,658 \\
 &= 459,87 \approx 460 \text{ Kendaraan/hari}
 \end{aligned}$$

## b. Menentukan Beban Sumbu Nilai Ekuivalen

Untuk menentukan nilai beban sumbu ekuivalen (EAL) maka beberapa pedoman *Asphalt Institute* harus berganti ke pedoman Bina Marga karena terdapat banyak perbedaan kondisi antara Amerika dengan Indonesia. Ada 2 tabel yang diganti yaitu :

- 1) Tabel dalam menentukan distribusi kendaraan dalam lajur, Tabel 2.18 menjadi Tabel 2.22
- 2) Tabel dalam menentukan distribusi beban sumbu pada setiap jenis kendaraan Tabel 2.19 menjadi 2.21

Untuk mencari nilai sumbu ekuivalen sebelumnya harus menentukan nilai *Truck Factor* (TF) dengan menggunakan persamaan 2.10

$$TF = LEP_j \times C \times \frac{KB_j}{\text{Total Kendaraan}}$$

Dimana :

$LEP_j$  = Lintas Ekuivalen permulaan dengan perhitungan angka ekuivalen yang telah dikonversikan ke beban 80 kN. Dapat dilihat pada Tabel 2.22

$C$  = Distribusi kendaraan berat pada lajur rencana metode Bina Marga, dapat dilihat pada Tabel 2.21

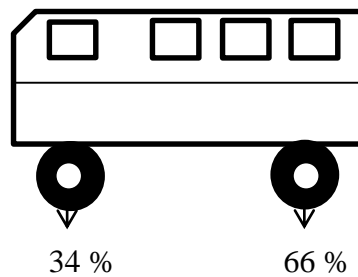
$KB_j$  = Jumlah jenis kendaraan berat yang lebih dari 5 ton dari LHR

Dalam mencari nilai *Truck Factor* (TF) sebelumnya memperhitungkan angka ekivalen kendaraan yang telah dikonversikan dari repetisi beban sumbu Bina Marga (8,16 ton) menjadi 80 kN karena disesuaikan dengan plot nomogram pada metode *Asphalt Institute*. Untuk contoh perhitungan sebagai berikut :

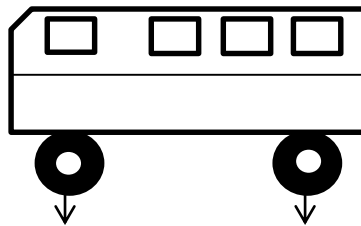
1) Kendaraan Bus Kecil

Berat Maksimum = 83 kN

Konfigurasi beban sumbu kendaraan



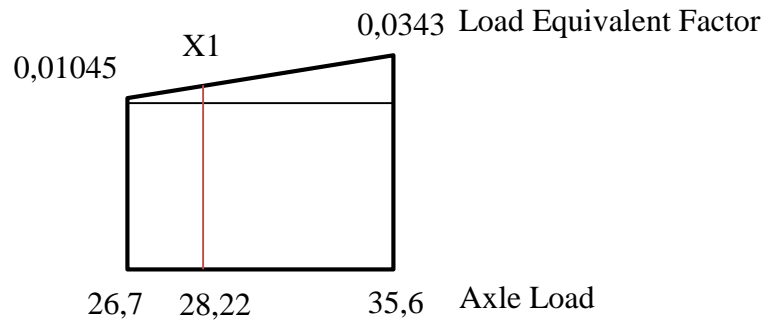
Kemudian distribusi beban sumbu kendaraan (%) dikalikan dengan beban maksimum (kN) jenis kendaraan berat dari Bina Marga dengan Tabel 2.23 menggunakan interpolasi untuk mendapatkan angka ekivalen.



$$83 \text{ kN} \times 34 \% = 28,22 \text{ kN}$$

$$83 \text{ kN} \times 66 \% = 54,78 \text{ kN}$$

Sumbu depan tunggal (X1)

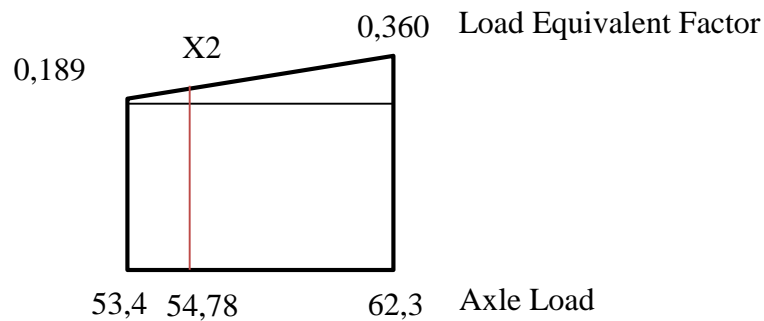


$$X1 = \left\{ \frac{(28,22-26,7)}{(35,6-26,7)} \times (0,0343 - 0,01045) \right\} + 0,01045$$

$$X1 = \left\{ \frac{(1,5)}{(8,9)} \times (0,02385) \right\} + 0,01045$$

$$X1 = 0,0145$$

Sumbu belakang tunggal (X2)



$$X2 = \left\{ \frac{(54,78-53,4)}{(62,3-53,4)} \times (0,360 - 0,189) \right\} + 0,189$$

$$X2 = \left\{ \frac{(1,38)}{(8,9)} \times (0,171) \right\} + 0,189$$

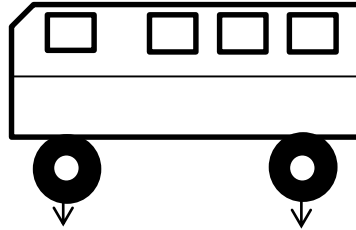
$$X2 = 0,216$$

$$\text{Ekivalen Bus Kecil} = X1 + X2 = 0,0145 + 0,216 = 0,230$$

## 2) Kendaraan Bus Besar

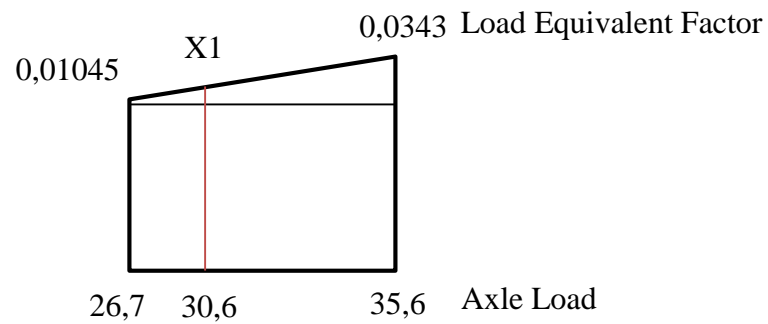
Berat Maksimum = 90 kN

Konfigurasi beban sumbu kendaraan



$$90 \text{ kN} \times 34 \% = 30,6 \text{ kN} \quad 90 \text{ kN} \times 66 \% = 59,4 \text{ kN}$$

Sumbu depan tunggal (X1)

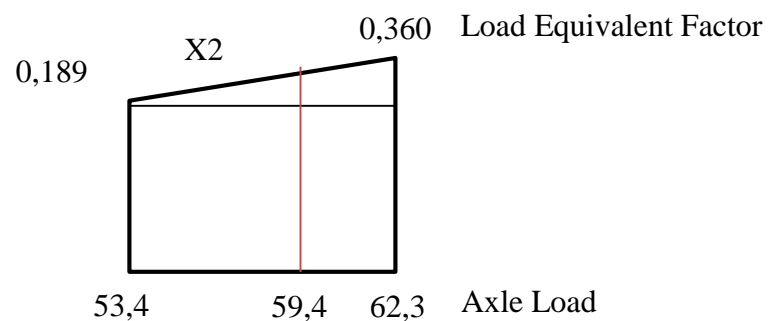


$$X1 = \left\{ \frac{(30,6 - 26,7)}{(35,6 - 26,7)} \times (0,0343 - 0,01045) \right\} + 0,01045$$

$$X1 = \left\{ \frac{(3,9)}{(8,9)} \times (0,02387) \right\} + 0,01045$$

$$X1 = 0,0209$$

Sumbu belakang tunggal (X2)



$$X2 = \left\{ \frac{(59,4-53,4)}{(62,3-53,4)} \times (0,360 - 0,189) \right\} + 0,189$$

$$X2 = \left\{ \frac{(6)}{(8,9)} \times (0,171) \right\} + 0,189$$

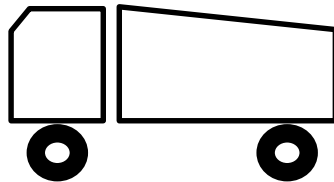
$$X2 = 0,304$$

$$\text{Ekivalen Bus Besar} = X1 + X2 = 0,0209 + 0,304 = 0,325$$

### 3) Kendaraan Truck Ringan 2 As

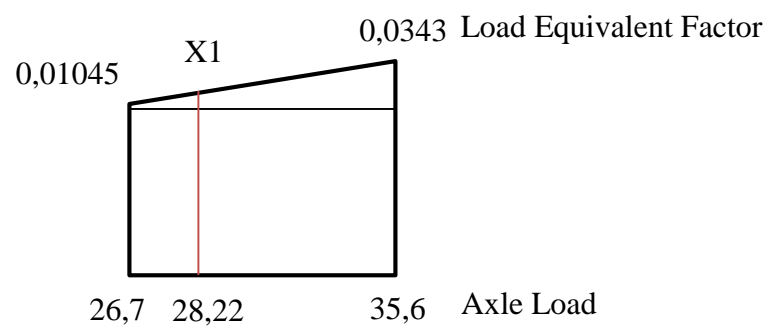
Berat Maksimum = 83 kN

Konfigurasi beban sumbu kendaraan



$$83 \text{ kN} \times 34 \% = 28,22 \text{ kN} \quad 83 \text{ kN} \times 66 \% = 54,78 \text{ kN}$$

Sumbu depan tunggal (X1)

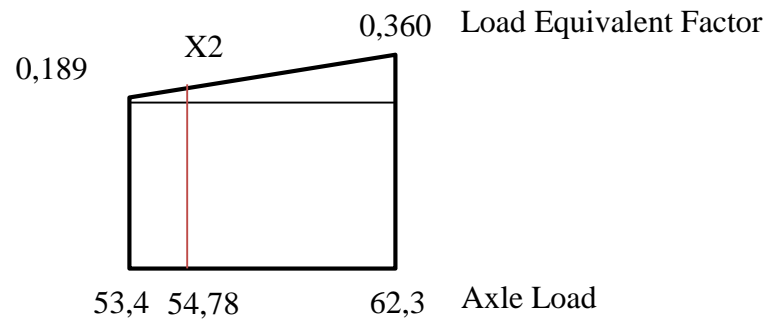


$$X1 = \left\{ \frac{(28,22-26,7)}{(35,6-26,7)} \times (0,0343 - 0,01045) \right\} + 0,01045$$

$$X1 = \left\{ \frac{(1,5)}{(8,9)} \times (0,02385) \right\} + 0,01045$$

$$X1 = 0,0145$$

Sumbu belakang tunggal (X2)



$$X2 = \left\{ \frac{(54,78 - 53,4)}{(62,3 - 53,4)} \times (0,360 - 0,189) \right\} + 0,189$$

$$X2 = \left\{ \frac{(1,38)}{(8,9)} \times (0,171) \right\} + 0,189$$

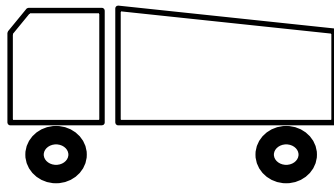
$$X2 = 0,2155$$

$$\text{Ekivalen Truck Ringan 2 As} = X1 + X2 = 0,0145 + 0,2155 = 0,2300$$

#### 4) Kendaraan Truck Berat 2 As

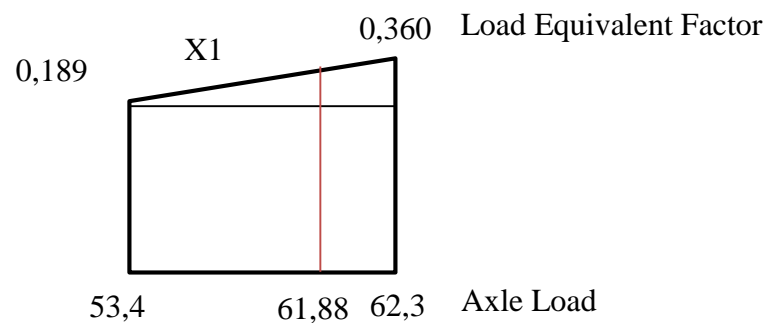
Berat Maksimum = 182 kN

Konfigurasi beban sumbu kendaraan



$$182 \text{ kN} \times 34 \% = 61,88 \text{ kN} \quad 182 \text{ kN} \times 66 \% = 120,12 \text{ kN}$$

Sumbu depan tunggal (X1)

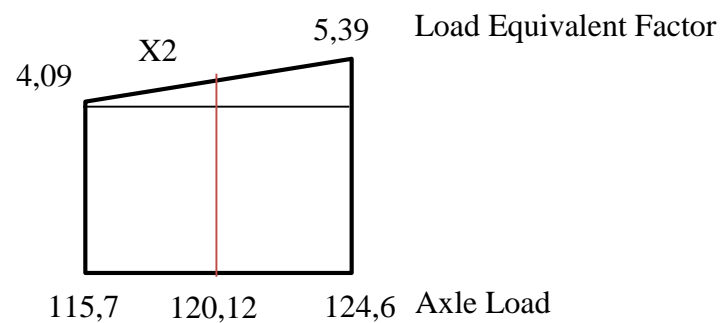


$$X1 = \left\{ \frac{(61,88-53,4)}{(62,3-53,4)} \times (0,360 - 0,189) \right\} + 0,189$$

$$X1 = \left\{ \frac{(8,48)}{(8,9)} \times (0,171) \right\} + 0,189$$

$$X1 = 0,351$$

Sumbu belakang tunggal (X2)



$$X2 = \left\{ \frac{(120,12-115,7)}{(124,6-115,7)} \times (5,39 - 4,09) \right\} + 4,09$$

$$X2 = \left\{ \frac{(4,42)}{(8,9)} \times (1,3) \right\} + 4,09$$

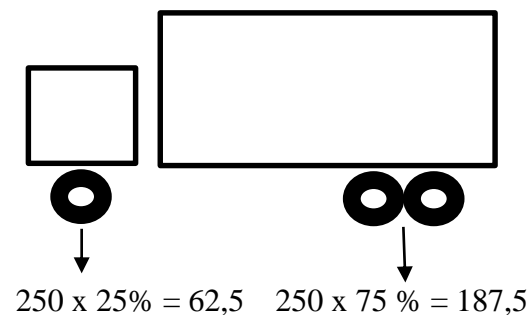
$$X2 = 4,73$$

Ekivalen Truck Berat 2 As =  $X1 + X2 = 0,351 + 4,73 = 5,086$

5) Kendaraan Truck Berat 3 As

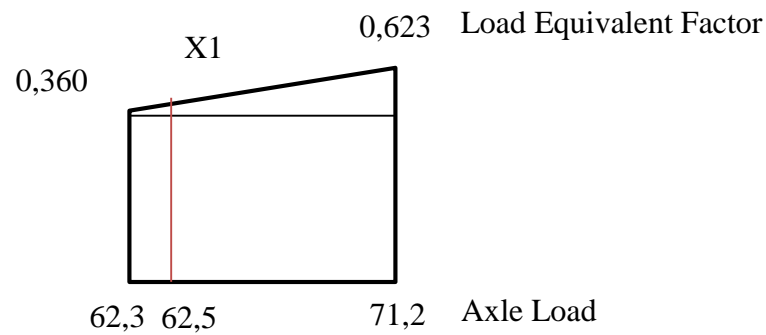
Berat Maksimum = 250 kN

Konfigurasi beban sumbu kendaraan





Sumbu depan tunggal (X1)

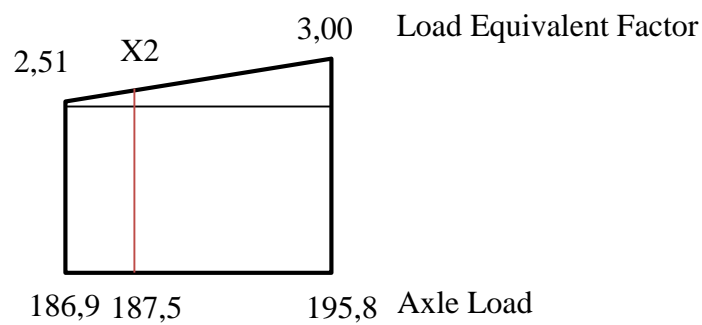


$$X1 = \left\{ \frac{(62,5 - 62,3)}{(71,2 - 62,3)} \times (0,623 - 0,360) \right\} + 0,360$$

$$X1 = \left\{ \frac{(0,2)}{(8,9)} \times (0,263) \right\} + 0,360$$

$$X1 = 0,366$$

Sumbu belakang gandar (X2)



$$X2 = \left\{ \frac{(187,5 - 186,9)}{(195,8 - 186,9)} \times (3,00 - 2,51) \right\} + 2,51$$

$$X2 = \left\{ \frac{(0,6)}{(8,9)} \times (0,49) \right\} + 2,51$$

$$X2 = 2,543$$

$$\text{Ekivalen Truck Berat 3 As} = X1 + X2 = 0,366 + 2,543 = 2,909$$

Untuk perhitungan angka ekivalen beban sumbu dapat dilihat dalam Tabel 4.7

Tabel 4.7 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan (Hasil Perhitungan)

No	Jenis Kendaraan	Berat Maksimum (kN)	Konfigurasi (%) (Bina Marga)		Angka Ekuivalen (E) 80 kN (Asphalt Institute)
			Depan	Belakang	
1.	Bus Kecil	83	34	66	0,230
2.	Bus Besar	90	34	66	0,325
3.	Truck Ringan 2 As	83	34	66	0,230
4.	Truck Berat 2 As	182	34	66	5,086
5.	Truck Berat 3 As	250	25	75	2,909

Setelah mendapatkan angka ekuivalen kendaraan maka, nilai *Truck Factor* (TF) dan didapatkan hasil nilai EAL menggunakan persamaan 2.9. Untuk perhitungannya adalah sebagai berikut :

1) Bus Kecil

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : LHR}_j \text{ (KB}_j\text{)} &= 16 \\ E_j \text{ (Tabel 4.8)} &= 0,230 \\ C_j \text{ (Tabel 2.22)} &= 0,5 \\ i \text{ (Perumbuhan lalu lintas tahunan)} &= 4,28 \% \\ n' \text{ (Jumlah tahun perencanaan hingga dibukanya jalan)} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \sum \text{LHR}_j \times C_j \times E_j \times (1 + i)^{n'} \\ \text{LEP} &= 16 \times 0,5 \times 0,230 \times (1 + 0,0428)^1 \\ \text{LEP} &= 1,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TF} &= 1,9 \times 0,5 \times \frac{16}{2973} \\ \text{TF} &= 0,00513 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{EAL} &= \text{Volume Lalu Lintas Rencana (2036)} \times \text{TF} \\
 &= 451 \times 0,00513 \\
 &= 2,31
 \end{aligned}$$

## 2) Bus Besar

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : LHR}_j \text{ (KB}_j\text{)} &= 5 \\
 \text{E}_j \text{ (Tabel 4.8)} &= 0,325 \\
 \text{C}_j \text{ (Tabel 2.22)} &= 0,5 \\
 i \text{ (Perumbuhan lalu lintas tahunan)} &= 4,28 \% \\
 n' \text{ (Jumlah tahun perencanaan hingga dibukanya jalan)} &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LEP} &= \sum \text{LHR}_j \times \text{C}_j \times \text{E}_j \times (1 + i)^{n'} \\
 \text{LEP} &= 16 \times 0,5 \times 0,325 \times (1 + 0,0428)^1 \\
 \text{LEP} &= 2,711
 \end{aligned}$$

$$\text{TF} = 2,711 \times 0,5 \times \frac{5}{2973}$$

$$\text{TF} = 0,0027$$

$$\begin{aligned}
 \text{EAL} &= \text{Volume Lalu Lintas Rencana (2036)} \times \text{TF} \\
 &= 154 \times 0,0027 \\
 &= 0,415
 \end{aligned}$$

## 3) Truck Ringan 2 As

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : LHR}_j \text{ (KB}_j\text{)} &= 59 \\
 \text{E}_j \text{ (Tabel 4.8)} &= 0,230 \\
 \text{C}_j \text{ (Tabel 2.22)} &= 0,5 \\
 i \text{ (Perumbuhan lalu lintas tahunan)} &= 4,28 \% \\
 n' \text{ (Jumlah tahun perencanaan hingga dibukanya jalan)} &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LEP} &= \sum \text{LHR}_j \times \text{C}_j \times \text{E}_j \times (1 + i)^{n'} \\
 \text{LEP} &= 59 \times 0,5 \times 0,230 \times (1 + 0,0428)^1 \\
 \text{LEP} &= 7,075
 \end{aligned}$$

$$\text{TF} = 7,075 \times 0,5 \times \frac{59}{2973}$$

$$\begin{aligned}
 TF &= 0,0702 \\
 EAL &= \text{Volume Lalu Lintas Rencana (2036)} \times TF \\
 &= 1809 \times 0,0702 \\
 &= 127,003
 \end{aligned}$$

## 4) Truck Berat 2 As

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : LHR}_j \text{ (KB}_j\text{)} &= 285 \\
 E_j \text{ (Tabel 4.8)} &= 5,086 \\
 C_j \text{ (Tabel 2.22)} &= 0,5 \\
 i \text{ (Perumbuhan lalu lintas tahunan)} &= 4,28 \% \\
 n' \text{ (Jumlah tahun perencanaan hingga dibukanya jalan)} &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LEP &= \sum LHR_j \times C_j \times E_j \times (1 + i)^{n'} \\
 LEP &= 285 \times 0,5 \times 5,086 \times (1 + 0,0428)^1 \\
 LEP &= 755,774
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TF &= 755,774 \times 0,5 \times \frac{285}{2973} \\
 TF &= 36,225 \\
 EAL &= \text{Volume Lalu Lintas Rencana (2036)} \times TF \\
 &= 8738 \times 36,225 = 316536,822
 \end{aligned}$$

## 5) Truck Berat 3 As

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : LHR}_j \text{ (KB}_j\text{)} &= 15 \\
 E_j \text{ (Tabel 4.8)} &= 2,909 \\
 C_j \text{ (Tabel 2.24)} &= 0,5 \\
 i \text{ (Perumbuhan lalu lintas tahunan)} &= 4,28 \% \\
 n' \text{ (Jumlah tahun perencanaan hingga dibukanya jalan)} &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LEP &= \sum LHR_j \times C_j \times E_j \times (1 + i)^{n'} \\
 LEP &= 15 \times 0,5 \times 2,909 \times (1 + 0,0428)^1 \\
 LEP &= 22,751
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TF &= 22,751 \times 0,5 \times \frac{15}{2973} \\
 TF &= 0,0573 \\
 EAL &= \text{Volume Lalu Lintas Rencana (2036)} \times TF
 \end{aligned}$$

$$= 460 \times 0,0573$$

$$= 26,358$$

Untuk analisis jumlah *Equivalent 80 kN Single Axle Load (EAL)* terdapat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Jumlah *Equivalent 80 kN Single Axle Load (EAL)*

Jenis Kendaraan	Berat Total		EAL
	Maksimum (Kn)	TF	
Bus Kecil	83	0,00513	2,31
Bus Besar	90	0,0027	0,415
Truck Ringan 2 As	83	0,0702	127,003
Truck Berat 2 As	182	36,225	316536,822
Truck Berat 3 As	250	0,0573	26,358
Jumlah			316692,908

Berdasarkan hasil jumlah *Equivalent 80 kN Single Axle Load (EAL)* pada Tabel 4.8, maka nilai EAL didapatkan sebesar 316692,908 atau  $3,1 \times 10^5$ .

c. Menentukan Koefisien Tanah Dasar

Untuk menentukan koefisien tanah dasar harus berdasarkan CBR rencana. Untuk ruas jalan Tempel – Pakem memiliki CBR rencana sebesar 6,55 %, untuk menghitung nilai modulus reaksi ( $M_r$ ) tanah dasar digunakan persamaan 2.12

$$M_r = 10,3 \times \text{CBR}$$

$$M_r = 10,3 \times 6,55$$

$$= 67,465 \text{ MPa}$$

d. Faktor lingkungan

Faktor yang berpengaruh terhadap perkerasan jalan menurut metode Asphalt Institute adalah temperatur udara rata-rata tahunan (Mean Annual Air Temperature, MAAT). Pada lokasi pembangunan jalan, temperatur

udara di sekitar memiliki temperatur 26,4°C atau menurut metode Asphalt Institute di kategorikan sebagai daerah yang memiliki temperatur di atas 24°C

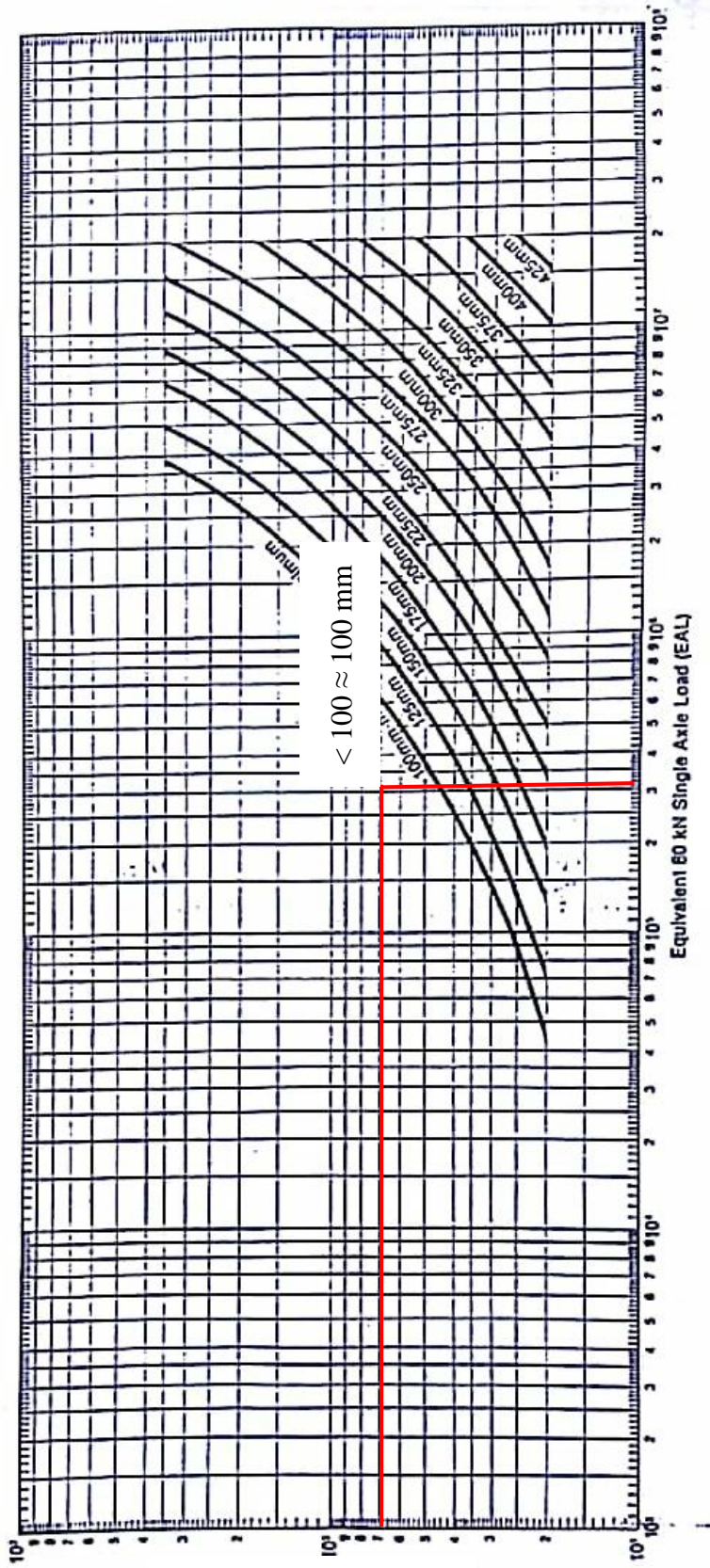
e. Material yang digunakan

Material yang digunakan dalam perkerasan adalah material yang sesuai dalam perencanaan awal. Untuk penggolongan jenis aggregate berdasarkan kekuatan dapat dilihat pada Tabel 2.27 sehingga dapat ditentukan lapis perkerasan sebagai berikut :

- 1) Lapisan Permukaan =Laston (AC), MS744
- 2) Lapisan Pondasi Atas =*Untreated Aggregate Base (High Quality)*, CBR  $\geq$  80 %
- 3) Lapisan Pondasi Bawah =*Untreated Aggregate Base (High Quality)*, CBR  $\geq$  80 %

Untreated Aggregate Base 300mm Thickness

MAAT 24°C



$M_r = 67,465$  MPa

$EAL = 3,1 \times 10^5$

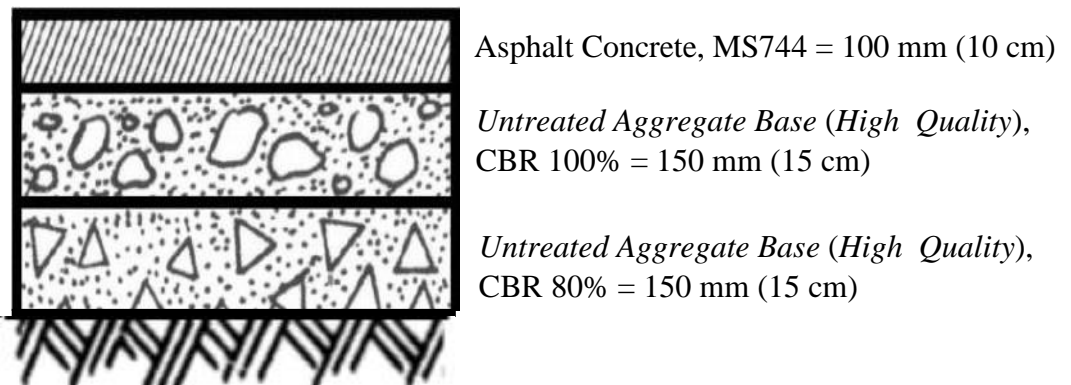
Gambar 4.2 Nomogram Untreated Aggregate Base 300 mm Thickness

f. Menentukan tebal perkerasan

Dalam metode *Asphalt Institute* memiliki 2 tipe perencanaan tebal perkerasan yaitu perencanaan dengan pondasi 150 mm (satu lapis pondasi) dan perencanaan dengan pondasi 300 mm (dua lapis pondasi, setiap pondasi 150 mm). Berdasarkan data yang telah di plotkan pada Nomogram Untreated Aggregate Base 300mm diperoleh hasil tebal perkerasan sebagai berikut :

1. Permukaan = Asphalt Concrete (AC), MS744 100 mm
2. Pondasi Atas = *Untreated Aggregate Base (High Quality)*,  
CBR 100% 150 mm
3. Pondasi Bawah = *Untreated Aggregate Base (High Quality)*,  
CBR 80% 150 mm

Untuk gambar tebal perkerasan dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut



Gambar 4.3 Tebal Perkerasan *Asphalt Institute* 1991



### 4.3 Evaluasi Tebal Perkerasan dengan Program *Kenpave*

Setelah didapatkan hasil tebal perkerasan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan 2013 dan metode *Asphalt Institute*, selanjutnya hasil tebal perkerasan di evaluasi menggunakan program *Kenpave* pada bagian *Kenlayer*

#### 4.3.1. Metode Manual Desain Perkerasan 2013

##### a. Data untuk mengevaluasi menggunakan program *Kanpave*

Data yang dibutuhkan didapatkan dari nilai bahan dan hasil perhitungan pada tebal perkerasan dapat dilihat pada Tabel 4.19

Tabel 4.9 Data *Input Kanpave*

Surface AC-WC dan AC-BC	Modulus Elastisitas <i>Poisson Ratio</i>	1200 MPa 0,4	1.200.000 kPa HMA
Base	Modulus Elastisitas <i>Poisson Ratio</i>	500 MPa 0,35	500.000 kPa CTB
Subbase	Modulus Elastisitas <i>Poisson Ratio</i>	144,789 MPa 0,4	144.789 kPa LPA Kelas A
Subgrade	Modulus Elastisitas <i>Poisson Ratio</i>	65,5 MPa 0,45	65.500 kPa -

##### b. Analisis dengan *Kenpave*

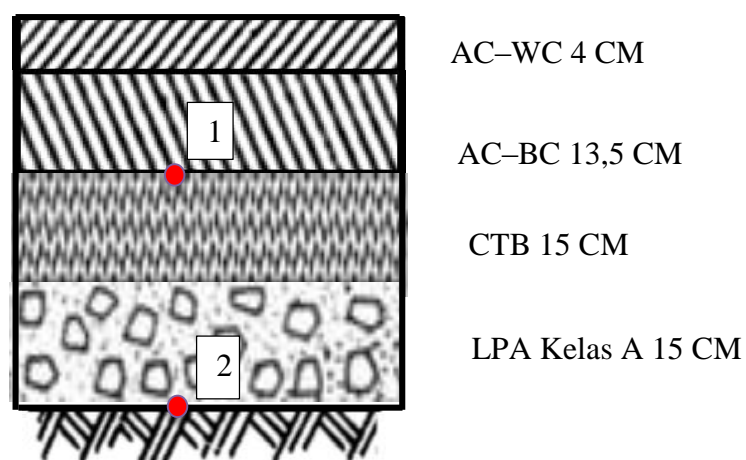
Untuk menganalisa hasil tebal perkerasan metode Manual Desain Perkerasan menggunakan program *Kanpave*, untuk langkah-langkah menganalisis tegangan dan regangan pada perkerasan lentur adalah sebagai berikut :

1. Masuk ke program *Kenpave*
2. Pilih *Layerinp*, pilih *file* dan pilih *new* untuk memulai *file* baru
3. Pilih menu General kemudian diisi dengan data yang sudah didapatkan seperti pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Data *Input General*

MATL	1
NDAMA	0
NPY	1
NLG	1
DEL	0,001
NL	4
NZ	6
ICL	80
NSTD	9
NBOND	1
NLBT	0
NLTC	0
NUNIT	1

4. Pilih *Zcoord*, pada *menu* ini diisi dengan analisis kerusakan pada arah vertical. Untuk titik kerusakan dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Titik kerusakan

Titik 1 merupakan kerusakan pada *fatigue cracking* dan titik 2 merupakan kerusakan pada *rutting*, untuk tingkat kedalamannya dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Data *Input Zcoord*

Point No.	ZC
1	0
2	17,5
3	17,51
4	32,5
5	47,5
6	47,51

5. Pada menu *Layer* diisi dengan nilai tebal perkerasan dan *poisson ratio* setiap lapis perkerasan. Untuk input data *Layer* dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Data *Input Layer*

Layer No.	Tebal Lapisan	<i>Poisson Ratio</i>
1	17,5	0,4
2	15	0,35
3	15	0,4
4	-	0,45

6. Pada menu Moduli diisi dengan modulus elastisitas sesuai dengan metode Manual Desain Perkerasan 2013

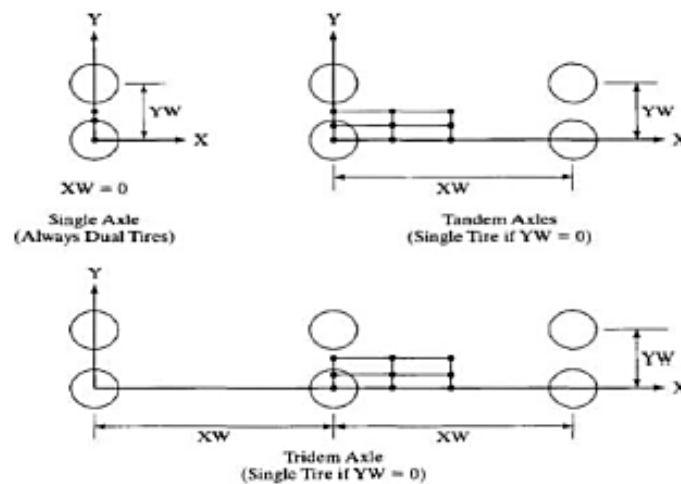
Tabel 4.13 Data *Input Moduli*

Layer No.	Modulus Elastisitas
1	1.200.000
2	500.000
3	144.789
4	65.500

7. Pada menu Load diisi dengan koordinat response X dan Y

- 1) Load = 3 (*Tandem Axle*)
- 2) CR = 11 (Jarak antar roda)
- 3) CP = 550 (Tekanan Ban)
- 4) YW = 30,48
- 5) XW = 131.064

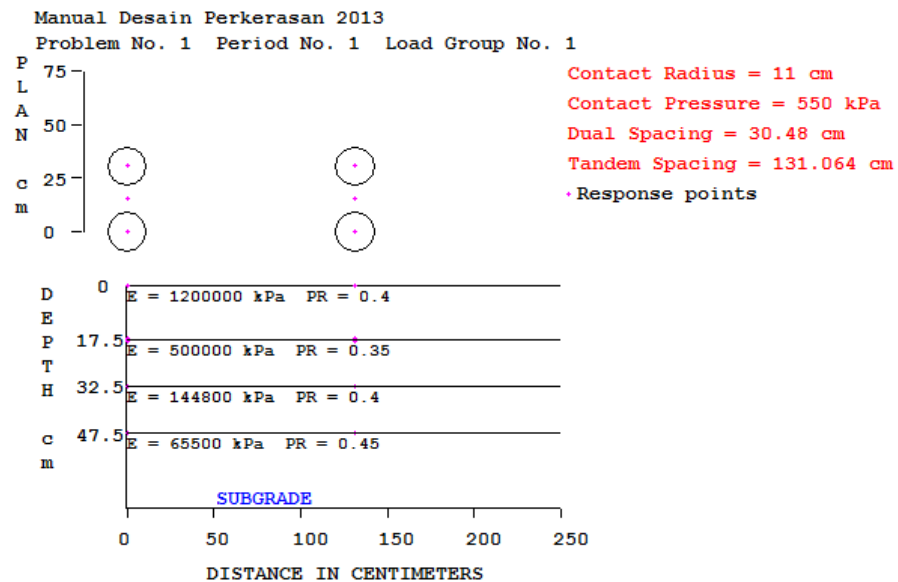
Untuk koordinat YW dan XW dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Koordinat X dan Y

- 6) NPT = 6, Jumlah titik koordinat yang dianalisis

Berdasarkan hasil data yang telah di input pada program *Kenpave* diperoleh grafik analisis tebal perkerasan pada metode Manual Desain Perkerasan 2013 seperti pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik *Lgraph* Metode Manual Desain Perkerasan 2013

c. Hasil *Kenlayer*

Hasil output pengulangan beban pada tebal perkerasan dapat dilihat pada Tabel 4.14

Tabel 4.14 Hasil Analisis *Kenlayer*

No.	Vertical Coordinate	Vertical Stress (Strain)	Horizontal Stress (Strain)
1	0	550,000000	795,9360000
	(STRAIN)	-0,0000384	0,0001970
1	17.5	152,8530000	-150,4340000
	(STRAIN)	0,0002399	-0,0001606
1	17.51	152,7250000	-18,2200000
	(STRAIN)	0,0003360	-0,0001605
1	32.5	46,3640000	-99,6770000
	(STRAIN)	0,0002384	-0,0001835
1	47.5	27,3170000	-19,9200000
	(STRAIN)	0,0003022	-0,0001734
1	47.51	27,3110000	3,3480000
	(STRAIN)	0,0003726	-0,0001734
2	0	0,0000000	520,5650000

Tabel 4.14 Hasil Analisis *Kenlayer* (Lanjutan)

No.	Vertical Coordinate	Vertical Stress (Strain)	Horizontal Stress (Strain)
	(STRAIN)	-0,0001118	0,0001492
2	17.5	119,1640000	-61,1730000
	(STRAIN)	0,0001768	-0,0001622
2	17.51	119,1060000	12,6090000
	(STRAIN)	0,0002539	-0,0001621
2	32.5	49,1180000	-106,1770000
	(STRAIN)	0,0002549	-0,0001953
2	47.5	29,1190000	-21,9110000
	(STRAIN)	0,0003280	-0,0001863
2	47.51	29,1110000	3,2830000
	(STRAIN)	0,0004044	-0,0001863
3	0	550,0000000	795,9360000
	(STRAIN)	-0,0000384	0,0001970
3	17.5	152,8530000	-150,4340000
	(STRAIN)	0,0002399	-0,0001606
3	17.51	152,7250000	-18,2200000
	(STRAIN)	0,0003360	-0,0001605
3	32.5	46,3640000	-99,6770000
	(STRAIN)	0,0002384	-0,0001835
3	47.5	27,3170000	-19,9200000
	(STRAIN)	0,0003022	-0,0001734
3	47.51	27,3110000	3,3480000
	(STRAIN)	0,0003726	-0,0001734
4	0	550,0000000	795,9360000
	(STRAIN)	-0,0000384	0,0001970
4	17.5	152,8530000	-150,4340000
	(STRAIN)	0,0002399	-0,0001606
4	17.51	152,7250000	-18,2200000
	(STRAIN)	0,0003360	-0,0001605
4	32.5	46,3640000	-99,6770000
	(STRAIN)	0,0002384	-0,0001835
4	47.5	27,3170000	-19,9200000
	(STRAIN)	0,0003022	-0,0001734
4	47.51	27,3110000	3,3480000
	(STRAIN)	0,0003726	-0,0001734
5	0	0,0000000	520,5670000
	(STRAIN)	-0,0001118	0,0001492
5	17.5	119,1640000	-61,1730000
	(STRAIN)	0,0001768	-0,0001622

Tabel 4.14 Hasil Analisis *Kenlayer* (Lanjutan)

No.	Vertical Coordinate	Vertical Stress (Strain)	Horizontal Stress (Strain)
5	17.51	119,1060000	12,6090000
	(STRAIN)	0,0002539	-0,0001621
5	32.5	49,1180000	-106,1770000
	(STRAIN)	0,0002549	-0,0001953
5	47.5	29,1190000	-21,9110000
	(STRAIN)	0,0003280	-0,0001863
5	47.51	29,1110000	3,2830000
	(STRAIN)	0,0004044	-0,0001863
6	0	550,0000000	795,9140000
	(STRAIN)	-0,0000384	0,0001970
6	17.5	152,8530000	-150,4340000
	(STRAIN)	0,0002399	-0,0001606
6	17.51	152,7250000	-18,2200000
	(STRAIN)	0,0003360	-0,0001605
6	32.5	46,3640000	-99,6770000
	(STRAIN)	0,0002384	-0,0001835
6	47.5	27,3170000	-19,9200000
	(STRAIN)	0,0003022	-0,0001734
6	47.51	27,3110000	3,3480000
	(STRAIN)	0,0003726	-0,0001734

Tabel 4.15 Rekapitulasi Analisis *Kenlayer*

No.	Horizontal Strain ( $\epsilon_t$ ), Kedalaman 17,51	Vertical Strain ( $\epsilon_c$ ), Kedalaman 47,51
1.	-0,0001605	0,0003726
2.	-0,0001621	0,0004044
3.	-0,0001605	0,0003726
4.	-0,0001605	0,0003726
5.	-0,0001621	0,0004044
6.	-0,0001605	0,0003726
Max	-0,0001621	0,0004044

## d. Analisis Kerusakan

1. *Fatigue Cracking* (Retak lelah)

Untuk menganalisis *fatigue cracking* menggunakan model asphalt institute dapat menggunakan persamaan 2.13

$$N_f = 0,0796 \times (\epsilon_t)^{-3,291} \times (E)^{-0,854}$$

$$N_f = 0,0796 \times (0,0001621)^{-3,291} \times (1.200.000)^{-0,854}$$

$$N_f = 1.523.689,174 \text{ ESAL}$$

2. *Rutting* (Alur)

Untuk menghitung *rutting* menggunakan model asphalt institute digunakan persamaan 2.14

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (\epsilon_c)^{-4,477}$$

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (0,0004044)^{-4,477}$$

$$N_d = 2.120.504,247 \text{ ESAL}$$

Tabel 4.16 Regangan Tarik Horizontal dan Regangan Tekan Vertikal Metode Manual Desain Perkerasan 2013

Regangan Tarik Horizontal <i>Kenpave</i> Terbesar	Regangan Tekan Vertikal <i>Kenpave</i> Terbesar	Analisa Kerusakan Menggunakan <i>Asphalt Institute</i>	
-0,0001621	0,0004044	Nf	1.523.689,174
		Nd	2.120.504,247

Tabel 4.17 Hasil Evaluasi Retak Lelah Tebal Perkerasan Metode Manual Desain Perkerasan 2013 dengan *Kenpave*

Beban Lalu-lintas Rencana	Analisa Kerusakan Menggunakan <i>Asphalt Institute</i>	Analisa Beban Lalu-lintas
13.374.491,14	1.523.689,174	Memenuhi



Tabel 4.18 Hasil Evaluasi *Rutting* Tebal Perkerasan  
Metode Manual Desain Perkerasan 2013 dengan *Kenpave*

Beban Lalu-lintas Rencana	Analisa Kerusakan Menggunakan <i>Asphalt Institute</i>	Analisa Beban Lalu-lintas
13.374.491,14	2.120.504,247	Memenuhi

#### 4.3.2. Metode *Asphalt Institute* 1991

- a. Data untuk mengevaluasi menggunakan program *Kanpave*

Data yang dibutuhkan didapatkan dari nilai bahan dan hasil perhitungan. Tebal perkerasan metode *asphalt institute* memiliki 4 lapis perkerasan, untuk nilai modulus elastisitas mengacu pada Pt-T-01-2002-B dan nilai *poisson ratio* mengacu pada Huang (2004). Data tebal perkerasan metode *Asphalt Institute* dapat dilihat pada Tabel 4.19

Tabel 4.19 Data Tebal Perkerasan Metode *Asphalt Institute*

Lapisan	Parameter	Nilai
Lapis Permukaan	Modulus Elastisitas	3.600.000 kPa
	<i>Poisson Ratio</i>	0,4
Lapis Pondasi Atas	Modulus Elastisitas	144.789 kPa
	<i>Poisson Ratio</i>	0,4
Lapis Pondasi Bawah	Modulus Elastisitas	124.105 kPa
	<i>Poisson Ratio</i>	0,4
Subgrade	Modulus Elastisitas	65.500 kPa
	<i>Poisson Ratio</i>	0,45

- b. Analisis menggunakan *Kenpave*

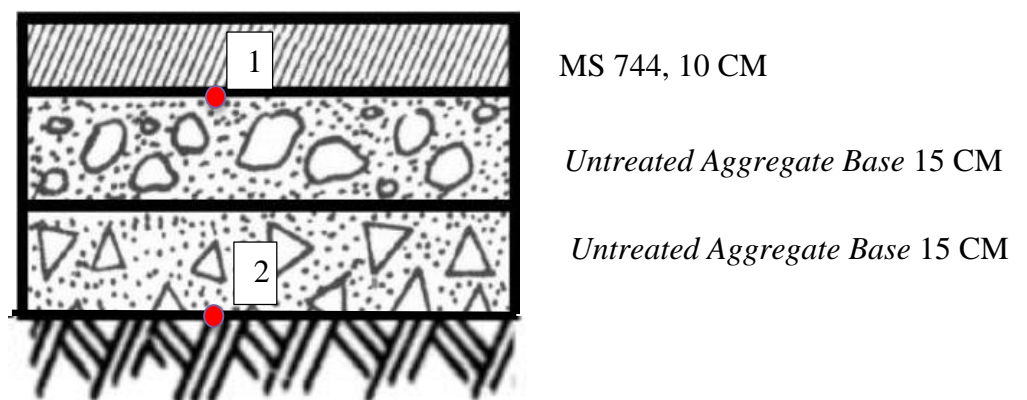
Untuk menganalisa tebal perkerasan metode *Asphalt Institute* menggunakan program *Kanpave*, terdapat beberapa tahap untuk menganalisis tegangan dan regangan pada perkerasan lentur adalah sebagai berikut :

1. Masuk pada program *Kenpave*
2. Pilih *Layerinp*, pilih *file* selanjutnya pilih *new* untuk memulai *file* baru
3. Pilih menu *General* selanjutnya *input* data yang sudah didapatkan seperti pada Tabel 4.23

Tabel 4.20 Data *Input General*

MATL	1
NDAMA	0
NPY	1
NLG	1
DEL	0,001
NL	4
NZ	7
ICL	80
NSTD	9
NBOND	1
NLBT	0
NLTC	0
NUNIT	1

4. Pilih *Zcoord*, pada *menu* ini diisi dengan analisis kerusakan pada arah vertical. Untuk titik kerusakan dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Titik kerusakan

Titik 1 merupakan kerusakan pada *fatigue cracking* dan titik 2 merupakan kerusakan pada *rutting*, tingkat kedalamannya dapat dilihat pada Tabel 4.21

Tabel 4.21 Data *Input Zcoord*

Point No.	ZC
1	0
2	10
3	10,01
4	25
5	40
6	40,01

5. Pada menu *Layer* diisi dengan nilai tebal perkerasan dan *poisson ratio* setiap lapis perkerasan. Input data *Layer* dapat dilihat pada Tabel 4.22

Tabel 4.22 Data *Input Layer*

No.	Tebal Lapisan	<i>Poisson Ratio</i>
1	10	0,4
2	15	0,4
3	15	0,4
4	-	0,45

6. Pada menu *Moduli* diisi dengan modulus elastisitas sesuai dengan metode *Asphalt Institute*

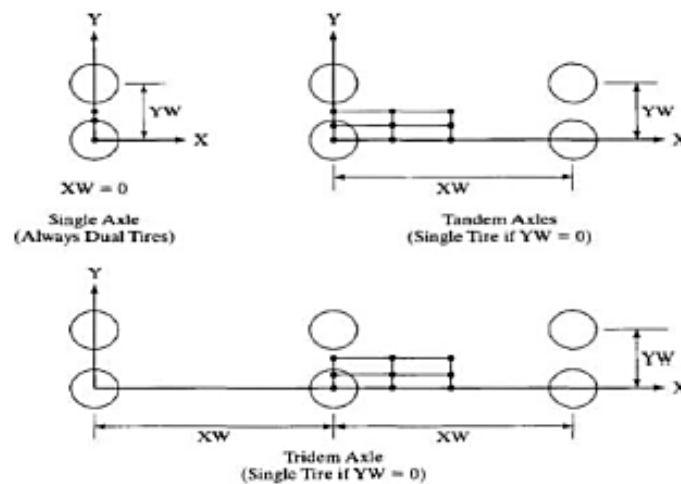
Tabel 4.23 Data *Input Moduli*

Layer No.	Modulus Elastisitas
1	3.600.000
2	144.789
3	124.105
4	65.000

7. Pada menu *Load* diisi dengan koordinat *response* X dan Y

- 1) Load = 2 (*Tandem Axle*)
- 2) CR = 11 (Jarak antar roda)
- 3) CP = 550 (Tekanan Ban)
- 4) YW = 30,48
- 5) XW = 131.064

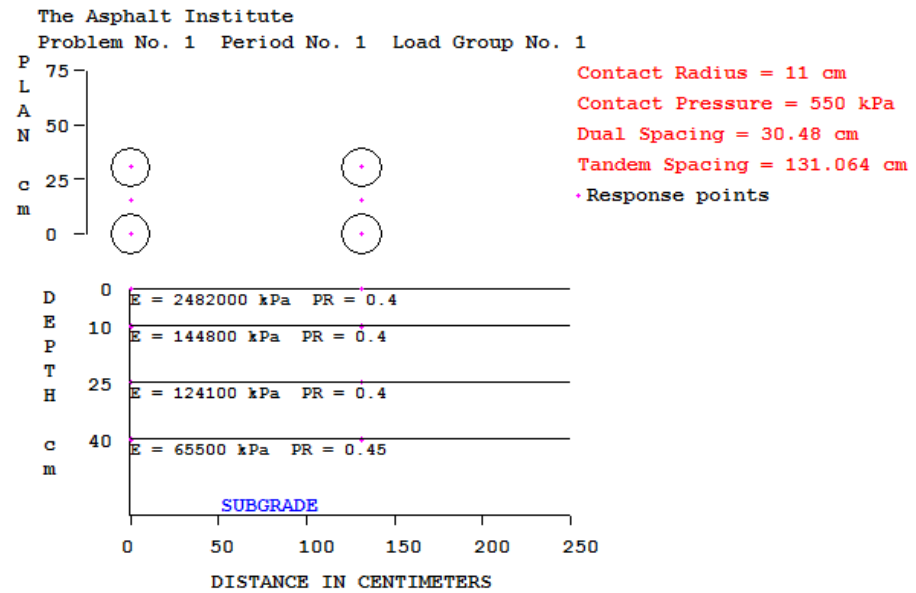
Untuk koordinat YW dan XW dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Koordinat X dan Y

- 6) NPT = 6, Jumlah titik koordinat yang dianalisis

Berdasarkan data yang telah di *input* pada program *Kenpave* diperoleh grafik analisis tebal perkerasan pada metode *Asphalt Institute* seperti pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Grafik *Lgraph* Metode *Asphalt Institute* 1991

c. Hasil *Kenlayer*

Hasil output pengulangan beban pada tebal perkerasan dapat dilihat pada Tabel 4.24

Tabel 4.24 Hasil *Output Kenlayer*

No.	Vertical Coordinate	Vertical Stress (Strain)	Horizontal Stress (Strain)
1	0	550,0000000	1443,6780000
	(STRAIN)	-0,0002946	0,0002631
1	10	157,3000000	-1028,8790000
	(STRAIN)	0,0004299	-0,0003615
1	10.01	157,2160000	35,7030000
	(STRAIN)	0,0009070	-0,0003615
1	25	75,1340000	-9,0180000
	(STRAIN)	0,0005722	-0,0002841
1	40	43,7020000	-22,9070000
	(STRAIN)	0,0005025	-0,0002715
1	40.01	43,6910000	4,9280000
	(STRAIN)	0,0005908	-0,0002714
2	0	0,0000000	1147,8050000
	(STRAIN)	-0,0002799	0,0002001
2	10	133,3050000	-420,5150000
	(STRAIN)	0,0002843	-0,0003608
2	10.01	133,2780000	59,0890000
	(STRAIN)	0,0006890	-0,0003608
2	25	80,6960000	-5,8370000
	(STRAIN)	0,0006134	-0,0003067
2	40	47,6370000	-26,3480000
	(STRAIN)	0,0005557	-0,0002860
2	40.01	47,6250000	5,4960000
	(STRAIN)	0,0006538	-0,0002860
3	0	550,0000000	1443,6780000
	(STRAIN)	-0,0002946	0,0002631
3	10	157,3000000	-1028,8790000
	(STRAIN)	0,0004299	-0,0003615
3	10.01	157,2160000	35,7030000
	(STRAIN)	0,0009070	-0,0003615
3	25	75,1340000	-9,0180000
	(STRAIN)	0,0005722	-0,0002841
3	40	43,7020000	-22,9070000
	(STRAIN)	0,0005025	-0,0002715
3	40.01	43,6910000	4,9280000
	(STRAIN)	0,0005908	-0,0002714
4	0	550,0000000	1443,6750000
	(STRAIN)	-0,0002946	0,0002631
4	10	157,3000000	-1028,8790000
	(STRAIN)	0,0004299	-0,0003615

Tabel 4.24 Hasil *Output Kenlayer* (Lanjutan)

No.	Vertical Coordinate	Vertical Stress (Strain)	Horizontal Stress (Strain)
4	10.01	157,2160000	35,7030000
	(STRAIN)	0,0009070	-0,0003615
4	25	75,1340000	-9,0180000
	(STRAIN)	0,0005722	-0,0002841
4	40	43,7020000	-22,9070000
	(STRAIN)	0,0005025	-0,0002715
4	40.01	43,6910000	4,9280000
	(STRAIN)	0,0005908	-0,0002714
5	0	0,0000000	1147,8060000
	(STRAIN)	-0,0002799	0,0002001
5	10	133,3050000	-420,5150000
	(STRAIN)	0,0002843	-0,0003608
5	10.01	133,2780000	59,0890000
	(STRAIN)	0,0006890	-0,0003608
5	25	80,6960000	-5,8370000
	(STRAIN)	0,0006134	-0,0003067
5	40	47,6370000	-26,3480000
	(STRAIN)	0,0005557	-0,0002860
5	40.01	47,6250000	5,4960000
	(STRAIN)	0,0006538	-0,0002860
6	0	550,0000000	1443,6750000
	(STRAIN)	-0,0002946	0,0002631
6	10	157,3000000	-1028,8790000
	(STRAIN)	0,0004299	-0,0003615
6	10.01	157,2160000	35,7030000
	(STRAIN)	0,0009070	-0,0003615
6	25	75,1340000	-9,0180000
	(STRAIN)	0,0005722	-0,0002841
6	40	43,7020000	-22,9070000
	(STRAIN)	0,0005025	-0,0002715
6	40.01	43,6910000	4,9280000
	(STRAIN)	0,0005908	-0,0002714

Tabel 4.25 Rekapitulasi Analisis *Kenlayer*

No.	<i>Horizontal Strain</i> ( $\epsilon_t$ ),	<i>Vertical Strain</i> ( $\epsilon_c$ ),
	Kedalaman 10,01	Kedalaman 40,01
1.	-0,0003615	0,0005908
2.	-0,0003608	0,0006538
3.	-0,0003615	0,0005908
4.	-0,0003615	0,0005908
5.	-0,0003608	0,0006538
6.	-0,0003615	0,0005908
Max	-0,0003615	0,0006538

## d. Analisa Kerusakan

1. *Fatigue Cracking* (Retak lelah)

Untuk menganalisis *fatigue cracking* menggunakan model asphalt institute dapat menggunakan persamaan 2.13

$$N_f = 0,0796 \times (\epsilon_t)^{-3,291} \times (E)^{-0,854}$$

$$N_f = 0,0796 \times (0,0003615)^{-3,291} \times (3.600.000)^{-0,854}$$

$$N_f = 42.569,280 \text{ ESAL}$$

2. *Rutting* (Alur)

Untuk menghitung *rutting* menggunakan model asphalt institute digunakan persamaan 2.14

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (\epsilon_c)^{-4,477}$$

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (0,0006538)^{-4,477}$$

$$N_d = 246.823,076 \text{ ESAL}$$

Tabel 4.26 Regangan Tarik Horizontal dan Regangan Tekan Vertikal Metode

*Asphalt Institute*

Regangan Tarik Horizontal <i>Kenpave</i> Terbesar	Regangan Tekan Vertikal <i>Kenpave</i> Terbesar	Analisa Kerusakan Menggunakan <i>Asphalt Institute</i>	
-0,0003615	0,0006538	Nf	42.569,280
		Nd	246.823,076



Tabel 4.27 Hasil Evaluasi Retak Lelah Tebal Perkerasan Metode *Asphalt Institute* dengan *Kenpave*

Beban Lalu-lintas Rencana	Analisa Kerusakan Menggunakan <i>Asphalt Institute</i>	Analisa Beban Lalu-lintas
316692,908	42.569,280	Memenuhi

Tabel 4.28 Hasil Evaluasi *Rutting* Tebal Perkerasan Metode *Asphalt Institute* dengan *Kenpave*

Beban Lalu-lintas Rencana	Analisa Kerusakan Menggunakan <i>Asphalt Institute</i>	Analisa Beban Lalu-lintas
316692,908	246.823,076	Memenuhi

#### 4.4. Hasil Analisis

Dari hasil analisis yang telah dilakukan metode Manual Desain Perkerasan 2013 memiliki nilai untuk retak lelah (Nf) sebesar 1.523.689,174 ESAL dan untuk retak alur (Nd) sebesar 2.120.504,247 ESAL lebih kecil dari nilai beban rencana (Nr) 13.374.491,14 ESAL, sedangkan pada metode *Asphalt Institute* memiliki nilai untuk retak lelah (Nf) sebesar 42.569,280 ESAL lebih kecil dari nilai beban rencana (Nr) 316692,908 ESAL dan untuk retak alur (Nd) sebesar 246.823,076 ESAL lebih kecil dari nilai beban rencana (Nr) 316.692,908 ESAL, Hal ini menunjukkan bahwa tebal perkerasan yang dianalisis menggunakan metode Manual Desain Perkerasan 2013 dan metode *Asphalt Institute* 1991 mampu menahan beban lalu lintas selama umur perencanaan perkerasan jalan.

Behiry (2012) menyatakan bahwa *fatigue cracking* dan *rutting* tidak memiliki korelasi yang sensitif dengan ketebalan lapis pondasi, namun memiliki korelasi yang sensitif dengan tebal lapis permukaan.

Sarsam (2016) menyatakan bahwa kontak tarik tinggi yang dihasilkan dari permukaan jalan dengan ban pada kendaraan mengakibatkan terjadinya retakan kecil.

Hasil akumulasi retakan kecil yang berubah menjadi retakan besar kemudian berubah menjadi retakan lentur dipengaruhi oleh suhu, interaksi muatan dan penuaan jalan (Sarsam dan Husain, 2016).

Dalam meminimalisir *rutting* pada perkerasan jalan beraspal jumlah kerja yang hilang (*work dissipated*) untuk setiap siklus pembebanan pada lapisan beraspal harus diminimalkan (Nono dan Hermadi, 2012)