

BAB IV

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1.1 Data Analisis Angka Pertumbuhan Peti Kemas

Perhitungan angka pertumbuhan peti kemas dilakukan dengan metode eksponensial. Karena perhitungan tebal plat jalan ini membutuhkan pendekatan data peti kemas dari tahun 2015 – 2019 (dalam satuan box) ada pada tabel 4.1 yang akan dicari nilai pertumbuhan lalu lintas. Kemudian data produksi penumpukan peti kemas internasional dianalisa dengan metode eksponensial.

Tabel 1.1 Data Produksi Penumpukan Peti Kemas Internasional

No	Tahun	Penumpukan Peti Kemas (box)
1	2015	10.054.414
2	2016	9.130.621
3	2017	16.429.545
4	2018	23.186.938
5	2019	12.632.922

Sumber : Data Tahunan Teluk Lamong (2020)

Persamaan umum metode eksponensial

Kemudian dapat dihitung menggunakan metode eksponensial yang terdapat pada persamaan 2.1. Sebagai contoh perhitungan pertumbuhan peti kemas tahun 2015 dengan tahun 2016 :

$$\text{LHR}_{2016} = 9.130.621 \text{ box}$$

$$\text{LHR}_{2015} = 10.054.414 \text{ box}$$

$$n = 1$$

$$9.130.621 = 10.054.414 \times (1 + i)^1$$

$$\frac{9.130.621}{10.054.414} = (1 + i)^1$$

$$0,90812065 = (1 + i)^1$$

$$i = -0,0919$$

$$i = -9,19\%$$

Untuk yang tahun lainnya ditulis pada tabe dibawah ini :

Tabel 1.2 Tabel Pertumbuhan Peti Kemas

Tahun	Peti Kemas (box)	I (%)
2015	10.054.414	
		-9,19
2016	9.130.621	
		79,94
2017	16.429.545	
		41,13
2018	23.186.938	
		-45,52
2019	12.632.922	
I rata – rata (%)		16,59

Sumber : Hasil Analisis (2020)

Setelah di dapat angka pertumbuhan rata – rata peti kemas, kemudian menghitung volume kendaraan yang dilakukan secara wawancara dengan salah satu petugas pada Terminal Teluk Lamong Surabaya yaitu sebagai berikut :

- Trailer Sumbu Tandem = 127 kendaraan / hari
- Trailer Sumbu Tridem = 169 kendaraan / hari

1.2 Analisa Prediksi LHR sampai Umur Rencana

Analisa prediksi volume lalu lintas rencana sampai akhir umur rencana (tahun 2040) dapat dilakukan dengan data volume lalu lintas dan pertumbuhan rata – rata peti kemas yang di ada pada tabel 4.2. Perhitungan LHR rencana tahun 2040 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{2040} \text{ (Trailer Sumbu Tandem)} &= \text{LHR}_{2020} \times (1 + 0,1659)^{20} \\ &= 127 \times (1 + 0,1659)^{20} \end{aligned}$$

$$= 2.736 \text{ kendaraan / hari}$$

$$\text{LHR}_{2040} (\text{Trailer Sumbu Tridem}) = \text{LHR}_{2020} \times (1 + 0,1659)^{20}$$

$$= 169 \times (1 + 0,1659)^{20}$$

$$= 3.641 \text{ kendaraan / hari}$$

Dari Perhitungan diatas maka dapat dilihat pada tabel Prediksi LHR dibawah ini

Tabel 1.3 Prediksi LHR (2020 – 2040)

No	Jenis Kendaraan	Tahun 2020	Tahun 2040
1	Trailer Sumbu Tandem	127	2.736
2	Trailer Sumbu Tridem	169	3.641

Sumber : Hasil Analisis (2020)

1.3 Perhitungan dengan Metode Bina Marga Pd. T-14-2003

Diketahui data yang diperoleh :

CBR tanah dasar = 15%

Kuat lentur (f_{cf}) → Kuat tekan beton (f_c') =

35 MPa → $f_{cf} = K (f_c')^{0,50} = 0,7 \times (35)^{0,50} = 4,141 \text{ MPa}$

Bahu jalan = ada

Ruji (dowel) = ya

Pertumbuhan lalu lintas (i) = 16,59% per tahun

Umur rencana (UR) = 20 tahun

Koefisien distribusi arah (Cd) = 0,45 (Tabel 2.10)

Faktor keamanan beban (FKB) = 1,2

Penyelesaian:

1.3.1 Analisis Lalu Lintas

Analisis lalu lintas yaitu dengan mengelompokkan konfigurasi beban kendaraan terlebih dahulu. Setelah itu mencatat jumlah kendaraan nya pada umur rencana yang telah dibahas pada prediksi umur rencana beserta menentukan jumlah sumbu tiap kendaraan. Untuk lebih lengkapnya tertera pada tabel dibawah ini :

Tabel 1.4 Perhitungan Jumlah Sumbu berdasarkan Jenis dan Bebannya

JENIS KENDARAAN	Konfigurasi Beban Sumbu (ton)				Berat Total (ton)	Jumlah Kendaraan (buah)	Jumlah Sumbu Per Kendaraan (buah)	Jumlah Sumbu Kendaraan (buah)
	RD	RB	RGD	RGB				
1	2	3	4	5	6	7	8	9 = 7 x 8
Trailer Sumbu Tandem	6,00	8,00		15,00	29,00	2736	3	8208
Trailer Sumbu Tridem	6,00	8,00		20,00	34,00	3641	3	10922
TOTAL						6377		19130

STRT		STRG		STdRG		STrRG	
BS (ton)	JS (buah)	BS (ton)	JS (buah)	BS (ton)	JS (buah)	BS (ton)	JS (buah)
10 = 2	11	12	13	14	15	14	15
6,00	2735,86	8,00	2735,86	15,00	2735,86		
6,00	3640,64	8,00	3640,64			20,00	3640,64
	6376,50		6376,50		2735,86		3640,64

Sumber : Hasil Analisis (2020)

KETERANGAN :

RD : RODA DEPAN
 RB : RODA BELAKANG
 RGD : RODA GANDENG DEPAN
 RGB : RODA GANDENG BELAKANG
 BS : BEBAN SUMBU

JS : JUMLAH SUMBU
 STRT : SUMBU TUNGGAL RODA TUNGGAL
 STRG : SUMBU TUNGGAL RODA GANDA
 STdRG : SUMBU TANDEM RODA GANDA
 STrRG : SUMBU TRIDEM RODA GANDA

Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama umur rencana (20 tahun)

$$\text{JSKN} = 365 \times \text{JSKNH} \times R$$

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} = \frac{(1+(0,1659))^{20}-1}{0,1659}$$

$$= 123,82$$

$$\text{JSKN} = 365 \times 19130 \times 123,82$$

$$= 864520307,80 = 8,64 \times 10^8$$

$$\text{JSKN rencana} = Cd \times \text{JSKN}$$

$$= 0,45 \times 8,64 \times 10^8 = 3,89 \times 10^8$$

1.3.2 Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi

Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi dapat dilakukan dengan persamaan berikut

$$\text{Proporsi beban} = \frac{\text{jumlah sumbu tiap beban sumbu}}{\text{jumlah sumbu total semua beban pada setiap jenis sumbu}}$$

$$\text{Proporsi sumbu} = \frac{\text{jumlah sumbu total tiap jenis sumbu}}{\text{total sumbu semua jenis sumbu}}$$

Berdasarkan persamaan tersebut hasil perhitungan repetisi yang terjadi yaitu:

Perhitungan STRT dengan beban 6,00 ton

$$\text{Proporsi beban} = \frac{2735,86}{6376,50} = 0,4$$

$$\text{Proporsi sumbu} = \frac{6376,50}{19129,51} = 0,3333$$

$$\begin{aligned}\text{Repetisi yang terjadi} &= \text{Proporsi beban} \times \text{Proporsi sumbu} \times \text{JSKN} \\ &\quad \text{rencana} \\ &= 0,4 \times 0,33333 \times 389034138,5 \\ &= 55638891,43\end{aligned}$$

Perhitungan repetisi yang terjadi untuk jenis sumbu dan beban lainnya seperti ditunjukkan Tabel 4.5

Tabel 1.5 Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi

JENIS KENDARAAN	Beban Sumbu Kendaraan (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu Lintas Rencana	Repetisi yang Terjadi
1	2	3	4	5	6	7 = 4x5x6
STRT	6,00	2735,86	0,4	0,33333333	389034138,5	55638891,43
	6,00	3640,64	0,6	0,33333333	389034138,5	74039154,74
total	12,00	6376,50	1,0			
STRG	8,00	3640,64	0,57	0,33333333	389034138,5	74039154,74
	8,00	2735,86	0,43	0,33333333	389034138,5	55638891,43
total	16,00	6376,50	1,0			
STdRG	15,00	2735,86	1,00	0,14301802	389034138,5	55638891,43
total	15,00	2735,86	1,00			

JENIS KENDARAAN	Beban Sumbu Kendaraan (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu Lintas Rencana	Repetisi yang Terjadi
STrRG	20,00	3640,64	1,00	0,19031532	389034138,5	74039154,74
total	20,00	3640,64	1,00			
Kumulatif						389034138,51

Sumber : Hasil Analisis (2020)

1.3.3 Perhitungan Tebal Pelat Beton

Sumber data beban = Hasil data proyek

Jenis perkerasan = Perkerasan beton bersambung dengan tulangan (BBDT)

Umur rencana = 20 tahun

JSK = 389034138,5

Faktor keamanan beban = 1,2 (berdasarkan dibawah ini)

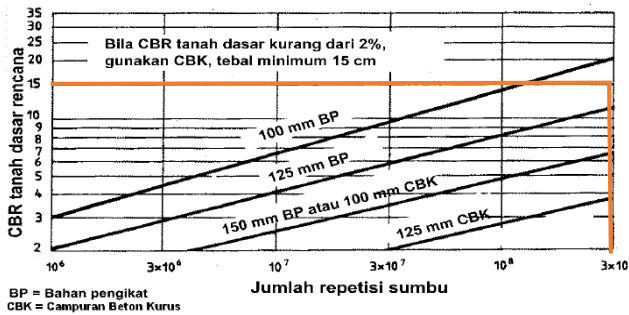
Tabel 1.6 Faktor Keamanan Beban (FKB)

No	Penggunaan	Nilai FKB
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survey beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

Sumber: Bina Marga Pd T-14-2003 (2003)

Kuat tarik lentur beton (f_{ct}) umur 28 hari = 4,14 MPa = 4 MPa

Jenis dan tebal lapis pondasi = BP 100mm (Berdasarkan Gambar 4.1)



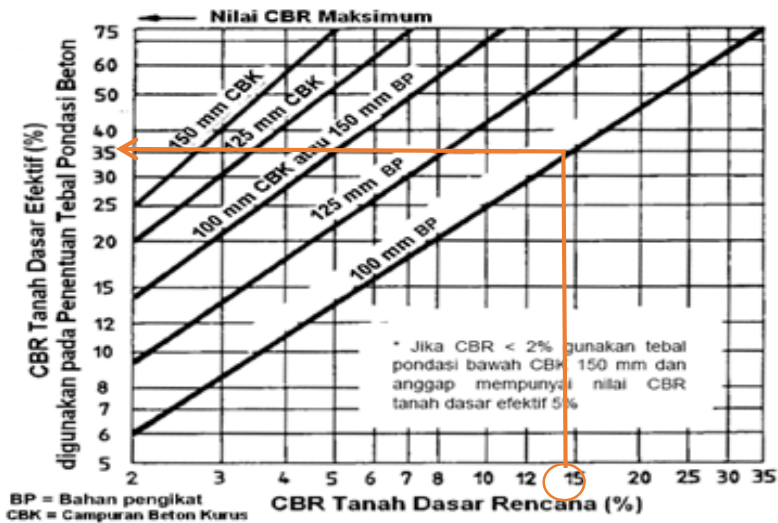
Gambar 1.1 Tebal lapis pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton

Sumber: Bina Marga Pd T-14-2003 (2003)

CBR tanah dasar = 15% (dari hasil data proyek)

Jumlah repetisi sumbu = $3,89 \times 10^8$

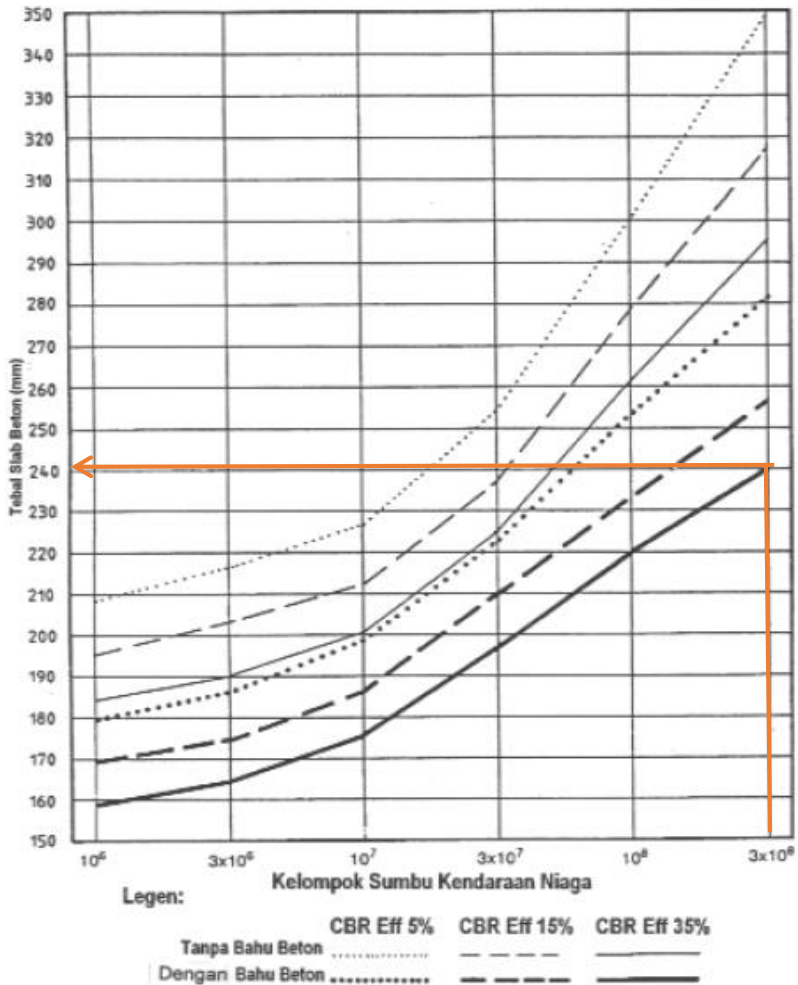
CBR efektif = 35% (berdasarkan Gambar 4.2)



Gambar 1.2 CBR tanah-dasar efektif dan tebal pondasi

Sumber: Bina Marga Pd T-14-2003 (2003)

Tebal taksiran pelat beton = 240 mm (berdasarkan gambar 4.3)



Gambar 1.3 Grafik Perencanaan Tebal Taksiran Beton, dengan Ruji, FKB = 1,2

Sumber : Bina Marga Pd-T-14-2003 (2003)

1.3.4 Perhitungan Analisis Fatik dan Erosi

Perhitungan analisis fatik dan analisis erosi salah satu contoh perhitungan yaitu pada sumbu STdRG dengan beban 22,50 kN tebal taksiran 240 mm. Untuk penentuan nilai tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) berdasarkan Lampiran 1

$$\begin{aligned}\text{Faktor rasio tegangan (FRT)} &= \frac{\text{Tegangan Ekuivalen (TE)}}{(\text{fcf})} \\ &= \frac{0,77}{4} = 0,19\end{aligned}$$

Repetisi ijin analisis fatik dan analisis erosi berdasarkan hasil pada Lampiran 2 sampai Lampiran 25

$$\begin{aligned}\text{Persen rusak analisis Fatik} &= \frac{\text{Repetisi yang Terjadi} \times 100}{\text{Repetisi ijin analisis fatik}} \\ &= \frac{0 \times 100}{0} = 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Repetisi ijin analisis Erosi} &= \frac{\text{Repetisi yang Terjadi} \times 100}{\text{Repetisi ijin analisis erosi}} \\ &= \frac{0}{4.000.000} = 0\end{aligned}$$

Perhitungan hasil analisis fatik dan erosi dengan tebal perkerasan sebesar 240 mm sampai 260 mm selengkapnya pada tabel

Tabel 1.7 Hasil Analisis Fatik dan Erosi dengan Tebal Taksiran 240 mm

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi		
					Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	
1	2	3	4	5	6	$7 = (4*100)/6$	8	$9 = (4*100)/8$	
STRT	60,00	36,00	55638891,43	TE = 0,64	TT	0	TT	0	
	60,00	36,00	74039154,74	FRT = 0,16	TT	0	TT	0	
					FE = 1,51				
STRG	80,00	24,00	74039154,74	TE = 0,98	TT	0	TT	0	
	80,00	24,00	55638891,43	FRT = 0,25	TT	0	TT	0	
					FE = 2,11				
STdRG					TE = 0,83	TT	0	TT	0
	150,00	22,50	55638891,43	FRT = 0,21					
					FE = 2,19				

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi		
					Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	
STrRG	200,00	20,00	74039154,74	TE =	0,66	TT	0	TT	0
				FRT =	0,17				
				FE =	2,25				
Total						0,000		0,000	
						< 100%		< 100%	

Sumber : Hasil Analisis (2020)

Tabel 1.8 Hasil Analisis Fatik dan Erosi dengan Tebal Taksiran 250 mm

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi		
					Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	
1	2	3	4	5	6	$7 = (4*100)/6$	8	$9 = (4*100)/8$	
STRT	60,00	36,00	55638891,43	TE =	0,60	TT	0	TT	0
	60,00	36,00	74039154,74	FRT =	0,15	TT	0	TT	0
				FE =	1,40				
STRG	80,00	24,00	74039154,74	TE =	0,93	TT	0	TT	0
	80,00	24,00	55638891,43	FRT =	0,23	TT	0	TT	0
				FE =	2,07				
STdRG				TE =	0,79	TT	0	TT	0
	150,00	22,50	55638891,43	FRT =	0,20				
				FE =	2,16				
STrRG	200,00	20,00	74039154,74	TE =	0,61	TT	0	TT	0

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
					Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)
				FRT =	0,15			
				FE =	2,22			
						0		0,000
						< 100%		< 100%
		Total						

Sumber : Hasil Analisis (2020)

Tabel 1.9 Hasil Analisis Fatik dan Erosi dengan Tebal Taksiran 260 mm

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi		
					Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	
1	2	3	4	5	6	$7 = (4*100)/6$	8	$9 = (4*100)/8$	
STRT	60,00	36,00	55638891,43	TE = 0,56	TT	0	TT	0	
	60,00	36,00	74039154,74	FRT = 0,14	TT	0	TT	0	
					FE = 1,42				
STRG	80,00	24,00	74039154,74	TE = 0,88	TT	0	TT	0	
	80,00	24,00	55638891,43	FRT = 0,22	TT	0	TT	0	
					FE = 2,02				
STdRG					TE = 0,75	TT	0	TT	0
	150,00	22,50	55638891,43	FRT = 0,19					
					FE = 2,12				
STrRG	200,00	20,00	74039154,74	TE = 0,59	TT	0	TT	0	

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi		
					Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	
				FRT =	0,15				
				FE =	2,19				
STRT	60,00	36,00	55638891,43	TE =	0,56	TT	0	TT	0
							0		4,53
			Total				< 100%		< 100%

Sumber : Hasil Analisis (2020)

Dari ketiga tabel perhitungan analisis fatik dan erosi untuk tebal taksiran beton diatas ketiganya telah memenuhi syarat dengan adanya total persentasenya < 100%, jadi bebas memilih untuk ketebalan ketiga. Jika memilih 240 mm pun sudah aman. Sebagai perhitungan ini yang dipilih yaitu pada tebal taksiran 240 mm.

1.3.5 Perhitungan Tulangan

Tebal pelat beton (h) = 240 mm = 0,24 m

Lebar pelat = 2 x 3,5 m (untuk 2 jalur)

Panjang pelat(L) = 15 m (jarak antar sambungan)

Tegangan leleh (fy) = 240 MPa

Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi bawah = 1,5
(berdasarkan Tabel 4.10)

Tabel 1.10 Nilai Koefisien gesek (μ) antara pelat beton dengan pondasi bawah

No	Lapis pemecah ikatan	Koefisien gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon (<i>A chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

Sumber : Bina Marga Pd T-14-2003 (2003)

Kuat tarik ijin baja (fs) = 240 Mpa (berdasarkan nilai standar kuat tarik ijin beton \pm 240 Mpa)

Berat isi beton (M) = 2.400 kg/m³ (berdasarkan nilai standar berat isi beton \pm 2400 kg/m³)

Gravitasi (g) = 9,81 m/detik²

a. Tulangan Memanjang

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

$$A_s = \frac{1,5 \cdot 15 \cdot 2400 \cdot (9,81) \cdot (0,24)}{2 \cdot 240}$$

$$A_s = 264,87 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Luas tulangan minimum $A_s = 0,1\% \times 240 \times 1000$

$A_s \text{ min} = 240 \text{ mm}^2/\text{m} < A_s \text{ perlu} = 264,87 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$S = \frac{b \times \frac{1}{4} \pi \times \emptyset \text{tul}^2}{A_s}$$

$$S = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2}{264,87}$$

$$S = 2655,49 \text{ mm}$$

S dipilih = 500 (berdasarkan SK SNI T-15-19-03)

$$AS \text{ pilih} = \frac{b \times \frac{1}{4} \pi \times \emptyset \text{tul}^2}{S \text{ pilih}}$$

$$AS \text{ pilih} = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2}{500}$$

$$AS \text{ pilih} = 1406,72 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$AS \text{ pilih} = 1407 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Dipergunakan tulangan diameter 16 mm, jarak 500 mm (berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)

b. Tulangan Melintang

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

$$A_s = \frac{1,5 \times 7 \times 2400 \times 9,81 \times 0,24}{2 \cdot 240}$$

$$A_s = 123,606 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Luas tulangan minimum $A_s = 0,1\% \times 240 \times 1000$

$A_s \text{ min} = 240 \text{ mm}^2/\text{m} > A_s \text{ perlu} = 123,606 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$S = \frac{b \times \frac{1}{4} \pi \times \emptyset \text{tul}^2}{A_s}$$

$$S = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2}{123,606}$$

$$S = 5690,338657 \text{ mm}$$

S dipilih = 500 (berdasarkan SK SNI T-15-19-03)

$$AS \text{ pilih} = \frac{b \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \times t \times l^2}{S \text{ pilih}}$$

$$AS \text{ pilih} = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2}{500}$$

$$AS \text{ pilih} = 1406,72 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$AS \text{ pilih} = 1407 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Dipergunakan tulangan diameter 16 mm, jarak 500 mm (berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)

1.3.6 Perhitungan *Tie Bar* (Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat)

Sambungan memanjang dengan batang pengikat dimaksudkan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Dimana diketahui :

Tebal pelat = 240 mm

Diameter batang pengikat = 16 mm = 1,6 cm (berdasarkan Pd T-14-2003 hal 13)

Jarak batang pengikat yang digunakan = 75 cm = 750 mm (berdasarkan Pd T-14-2003 hal 13)

Luas Penampang tulangan per meter panjang sambungan di hitung dengan persamaan dibawah

$$A_t = 204 \times b \times h$$

$$A_t = 204 \times 3000 \times 240$$

$$A_t = 146880000 \text{ mm}^2$$

Untuk panjang batang pengikat di hitung dengan persamaan,

$$I = (38,3 \times \emptyset) + 75$$

$$I = (38,3 \times 16) + 75$$

$$I = 687,8 \text{ mm dibulatkan menjadi } 700 \text{ mm}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan tie bar jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 sampai 4 meter, jarak batang pengikat yang digunakan yaitu 75 cm (750 mm).

Sehingga ukuran tie bar yang digunakan dengan tebal pelat beton 240 mm adalah tulangan ulir berdiameter 16 mm, panjang 700 mm, dan jarak antar tie bar 750 mm.

1.3.7 Perhitungan *Dowel* (Sambungan Susut Melintang)

Ukuran batang pengikat yang digunakan untuk dowel jarak sambungan melintang sekitar 4 sampai 5 m yang harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 450 mm dengan jarak antar ruji 300 mm .

Ukuran dowel yang digunakan dengan tebal plat beton 240 mm yaitu tulangan polos berdiameter 36 mm, panjang ruji 450 mm, dan jarak antar ruji 300 mm.

$$\text{Tebal pelat beton} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter Ruji} = 36 \text{ mm (berdasarkan Tabel 2.11)}$$

$$\text{Panjang} = 45 \text{ cm (berdasarkan Pd T-14-2003 hal 14)}$$

$$\text{Jarak antara ruji} = 30 \text{ cm, Untuk tebal pelat beton} = 240 \text{ mm}$$

1.4 Perhitungan dengan NAASRA

Diketahui data yang diperoleh :

CBR tanah dasar = 15%

Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi (μ) = 1,8
(berdasarkan Tabel 2.13)

Bahu jalan = ada

Ruji (*dowel*) = ya

Pertumbuhan lalu lintas (i) = 16,59 % per tahun (Tabel 4.2)

Umur rencana (UR) = 20 tahun

Koefisien distribusi arah (Cd) = 0,45

Faktor keamanan beban (FKB) = 1,1

Penyelesaian :

1.4.1 Perhitungan Mutu Beton Rencana

Akan digunakan beton dengan mutu beton K-350 yang kuat tekan 28 hari sebesar 350 kg/cm²

$f_c' = 350 \times (9,81/100) = 34,335 \text{ MPa} \approx 34 \text{ MPa} > 30 \text{ MPa}$
(Minimum yang disarankan)

$f_r = 0,62 \times \sqrt{f_c'}$

$f_r = 0,62 \times \sqrt{34} = 3,615 \text{ MPa} \approx 3,6 \text{ MPa} > 3,5 \text{ MPa}$ (Minimum yang disarankan)

1.4.2 Perhitungan Beban Lalu Lintas Rencana

Perhitungan beban lalu lintas rencana dimulai dari perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) yang tertera pada tabel dibawah ini:

Tabel 1.11 Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya

Jenis Kendaraan	Jumlah		Beban Sumbu (ton)			Konfigurasi Sumbu		
	Kendaraan	Sumbu per kendaraan	Sumbu	Depan	Belakang	Depan	Belakang	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Trailer Sumbu Tandem	2736	3	8208	6,00	23,00	STRT	STRG	STdRG
Trailer Sumbu Tridem	3641	3	10922	6,00	28,00	STRT	STRG	STrRG
Jumlah	6377		19130					

Sumber : Hasil Analisis (2020)

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R$$

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{e_{\log(1+i)}}$$

$$R = \frac{(1+0,1659)^{20} - 1}{e_{\log(1+(0,1659))}}$$

$$R = 308,1433768$$

$$\text{Maka, JSKN} = 365 \times 19130 \times 308,1433768$$

$$= 2151540133 \text{ buah} = 2,15 \times 10^9 \text{ buah}$$

Setelah di dapat nilai JSKN dan mengambil nilai $C_d = 0,45$, maka nilai repetisi selama usia rencana dapat ditentukan yang tertera seperti pada tabel perhitungan dibawah ini :

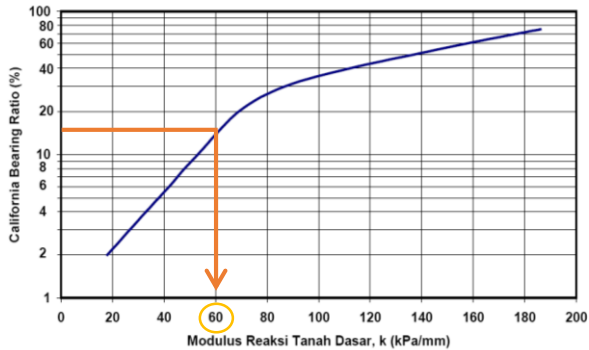
Tabel 1.12 Perhitungan Repetisi Beban

Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Presentase Konfigurasi Sumbu (%)	Jumlah Repetisi Selama Usia Rencana
1	2	3	4
STRT	6,00	$(2736 : 19130) \times 100 = 14,30$	13846905248
STRT	6,00	$(3641 : 19130) \times 100 = 19,03$	18426196747
STRG	8,00	$(2736 : 19130) \times 100 = 14,30$	13846905248
STRG	8,00	$(3641 : 19130) \times 100 = 19,03$	18426196747
SGRG	15,00	$(2736 : 19130) \times 100 = 14,30$	13846905248
SGRG	20,00	$(3641 : 19130) \times 100 = 19,03$	18426196747

Sumber : Hasil Analisis (2020)

1.4.3 Perhitungan Kekuatan Tanah Dasar

Dari data tanah, diperoleh nilai $CBR = 15\%$, diperoleh nilai $k = 60 \text{ kPa} / \text{mm}$ (berdasarkan gambar 4.4)



Gambar 1.4 Hubungan CBR (%) dengan Modulus Reaksi Tanah Dasar

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (2003)

1.4.4 Perhitungan Pelat Beton

Perhitungan pelat beton dapat dilakukan dengan cara coba – coba dengan grafik bantuan perhitungan, dimana jumlah presentase fatik yang terjadi di syaratkan $\leq 100\%$.

Nilai beban rencana ($FK = 1,1$) = Beban Sumbu $\times 1,1$

Tegangan yang Terjadi dapat dilihat dari grafik bantuan pada gambar

$$\text{Perbandingan Tegangan} = \frac{\text{Tegangan yang terjadi}}{f_r}$$

Jumlah Repetisi Beban yang Diijinkan dilihat pada tabel dibawah ini, menentukannya berdasarkan nilai Perbandingan Tegangan

Tabel 1.13 Nilai Perbandingan Tegangan

Perbandingan Tegangan ^a	Jumlah Pengulangan Beban Ijin	Perbandingan Tegangan	Jumlah Pengulangan Beban Ijin
0,51	400.000	0,69	2.500
0,52	300.000	0,70	2.000
0,53	240.000	0,71	1.500
0,54	180.000	0,72	1.100
0,55	130.000	0,73	850
0,56	100.000	0,74	650
0,57	75.000	0,75	490
0,58	57.000	0,76	360
0,59	42.000	0,77	270
0,60	32.000	0,78	210
0,61	24.000	0,79	160
0,62	18.000	0,80	120
0,63	14.000	0,81	90
0,64	11.000	0,82	70
0,65	8.000	0,83	50
0,66	6.000	0,84	40
0,67	4.500	0,85	30
0,68	3.500		

Sumber : NAASRA (1987)

$$\text{Persentase Fatik} = \frac{\text{Repetisi Beban}}{\text{Jumlah Repetisi yang Diijinkan}} \times 100$$

Berikut tabel perhitungan beserta grafik bantuan yang terlampir pada Lampiran 26 sampai Lampiran 28:

Dari Grafik Penentu untuk STRT yang terlampir pada Lampiran 8, di dapat data sebagai berikut :

$$K = 60 \text{ KPa}$$

Beban Sumbu = 6,00

Tebal = 180 mm
Tegangan yang Terjadi = 1,9

Tebal = 200 mm
Tegangan yang Terjadi = 1,5

Tebal = 220 mm
Tegangan yang Terjadi = 0

Dari Grafik Penentu untuk STRG yang terlampir pada Lampiran 9, di dapat data sebagai berikut :

K = 60 KPa
Beban Sumbu = 8,00 (dipilih beban sumbu yang terbesar)

Tebal = 180 mm
Tegangan yang Terjadi = 2,3

Tebal = 200 mm
Tegangan yang Terjadi = 1,5

Tebal = 220 mm
Tegangan yang Terjadi = 0

Dari Grafik Penentu untuk SGRG yang terlampir pada lampiran 10, di dapat data sebagai berikut :

K = 60 KPa
Beban Sumbu = 20,0 (dipilih beban sumbunya yang besar)

Tebal = 180 mm
Tegangan yang Terjadi = 2,2

Tebal = 200 mm
Tegangan yang Terjadi = 1,9

Tebal = 220 mm
Tegangan yang Terjadi = 1,79

Tabel 1.14 Perhitungan Analisis Fatik dan Erosi dengan Tebal Pelat Rencana 180 mm

Koefisien Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1,1	Repetisi Beban (10 ⁹)	Tegangan yang terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban yang Diiijinkan	Persentase Fatik (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
STRT	6,00	6,60	1,38E+10	1,9	0,53	240.000	57695,43853
STRT	6,00	6,60	1,84E+10				
STRG	8,00	8,80	1,38E+10				
STRG	8,00	8,80	1,84E+10	1,8	0,50	-	0
SGRG	15,00	16,50	1,38E+10				
SGRG	20,00	22,00	1,84E+10	2,2	0,61	24.000	767758,1978
Jumlah							825453,6363

Sumber : Hasil Analisis (2020)

Dengan tebal pelat 180 mm, jumlah fatigue 825,45363% > 100% (HITUNG ULANG)

Tabel 1.15 Perhitungan Analisis Fatik dan Erosi dengan Tebal Pelat Rencana 200 mm

Koefisien Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1,1	Repetisi Beban (10 ⁹)	Tegangan yang terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban yang Diijinkan	Persentase Fatik (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
STRT	6,00	6,60	1,38E+10	1,50	0,42	0	0
STRT	6,00	6,60	1,84E+10				
STRG	8,00	8,80	1,38E+10				
STRG	8,00	8,80	1,84E+10	1,5	0,42	0	0
SGRG	15,00	16,50	1,38E+10	1,9	0,53	240.000	5.769.544
SGRG	20,00	22,00	1,84E+10				
Jumlah							5769544

Sumber : Hasil Analisis (2020)

Dengan tebal pelat 200 mm, jumlah fatigues 576,9544% > 100% (KURANG TEBAL)

Tabel 1.16 Perhitungan Analisis Fatik dan Erosi dengan Tebal Pelat Rencana 220 mm

Koefisien Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1,1	Repetisi Beban (10 ⁹)	Tegangan yang terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban yang Diijinkan	Persentase Fatik (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
STRT	6,00	6,60	1,38E+10	0	0,00	0	0
STRT	6,00	6,60	1,84E+10				
STRG	8,00	8,80	1,38E+10				
STRG	8,00	8,80	1,84E+10	0	0,00	0	0
SGRG	15,00	16,50	1,38E+10	1,79	0,50	0	0
SGRG	20,00	22,00	1,84E+10				
Jumlah							0

Sumber : Hasil Analisis (2020)

Dengan tebal pelat 220 mm, jumlah fatigue 0% < 100% (OK)

Dari tabel perhitungan diatas, maka tebal pelat beton yang memenuhi syarat yaitu pada ketebalan 220 mm = 22 cm

1.4.5 Perhitungan Tulangan

Pada perhitungan tulangan memerlukan beberapa data yakni sebagai berikut :

Tebal pelat = 220 mm = 22 cm

Lebar pelat = $2 \times 3,5$ m (untuk 2 jalur)

Panjang pelat = 15 m (jarak antar sambungan)

Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi bawah (F)
= 1,8 (berdasarkan Tabel 2.13)

Kuat tarik ijin baja = 230 MPa (berdasarkan nilai standar kuat tarik ijin beton \pm 230 MPa)

a. Tulangan Memanjang

$$AS = \frac{11,76 \times (F \times L \times h)}{fs}$$

$$As = \frac{11,76 (1,8 \times 15 \times 220)}{230}$$

$$As = 303,71478 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Luas tulangan minimum $As = 0,14\%$ (menurut SK SNI T-15-1991-03)

$$As \text{ min} = 0,0014 \times 220 \times 1000 = 308 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$S = \frac{b \times 0,25 \times \pi \times \phi \text{ tul}^2}{AS}$$

$$S = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}{303,71478}$$

$$S = 2315,856983 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

S dipilih = 500 mm

$$AS \text{ pilih} = \frac{b \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset \text{tul}^2}{S \text{ pilih}}$$

$$AS \text{ pilih} = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}{500}$$

$$AS \text{ pilih} = 1406,72 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$AS \text{ pilih} = 1407 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Dipergunakan tulangan diameter 16 mm, jarak 500 mm

(berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)

b. Tulangan Melintang

$$As = \frac{11,76 (F . L . h)}{fs}$$

$$As = \frac{11,76 (1,8 . 7 . 220)}{230}$$

$$As = 141,7335652 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Luas tulangan minimum $As = 0,14\%$ (berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)

$As \text{ minimum} = 0,0014 \times 220 \times 1000 = 308 \text{ mm}^2/\text{m lebar} >$
 $As \text{ perlu} = 141,7335652 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$

$$s = \frac{b \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset \text{tul}^2}{As}$$

$$S = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}{141,7335652}$$

$$S = 537,3462516$$

S dipilih = 500 mm (berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)

$$AS \text{ pilih} = \frac{b \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset_{tul}^2}{S \text{ pilih}}$$

$$AS \text{ pilih} = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2}{500}$$

$$As \text{ pilih} = 1406,72 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$AS \text{ pilih} = 1407 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Dipergunakan tulangan diameter 16 mm, jarak 500 mm

(berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)

1.4.6 Perhitungan *Tie Bar*

Dari perhitungan pelat beton, diperoleh tebal pelat beton = 22 cm. Dari tabel 2.14 diperoleh dengan cara interpolasi, diameter tie bar = 12 mm, panjang *tie bar* = 720 mm, dan jarak spacing antar *tie bar* = 87 cm.

1.4.7 Perhitungan *Dowel*

Perhitungan dowel dapat dilihat dari tabel, dimana perhitungan tebal plat beton mendapatkan nilai sebesar 22 cm. Maka dari tabel 2.15 dengan cara interpolasi, diperoleh diameter *dowel* = 30,6 mm, panjang *dowel* = 450 mm, dan jarak antar ruji = 300 mm.

1.5 Perhitungan dengan AASHTO 1993

Diketahui data yang diperoleh :

Klasifikasi jalan = Lokal

Fungsi jalan = Khusus

Umur rencana = 20 tahun

CBR tanah = 15%

1.5.1 Menentukan Tingkat Kemampuan Pelayanan

Nilai kemampuan pelayanan awal (P_o) bergantung pada tingkat kerataan perkerasan awal, AASHTO 1993 menyarankan untuk perkerasan kaku nilai P_o sebesar 4,5.

Kemampuan pelayanan akhir (P_t) bergantung pada ketidakrataaan jalan yang masih memungkinkan untuk dilalui kendaraan sebelum dilakukan rehabilitasi (perbaikan), AASHTO 1993 menyarankan nilai P_t untuk jalur utama yaitu 2,5.

Nilai kehilangan pelayanan total (ΔPSI) dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_o = 4,5$$

$$P_t = 2,5$$

$$\Delta PSI = P_o - P_t = 4,5 - 2,5 = 2$$

1.5.2 Menghitung Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton dipengaruhi oleh nilai kuat tekan beton. Nilai kuat tekan beton (f_c') yang diperoleh sesuai uji pada laboratorium sebesar 350 Kg/cm². Nilai kuat lentur (Sc') yang digunakan adalah sebesar 45 Kg/cm² (640 psi). Modulus elastisitas beton (E_c) dihitung sebagai berikut :

Kuat tekan beton (f_c') $350 \text{ kg/cm}^2 = 4978 \text{ psi}$

Modulus lentur beton (Sc') $= 45 \text{ kg/cm}^2 = 640 \text{ psi}$

$$\begin{aligned}\text{Modulus Elastisitas beton } (E_c) &= 5700 \sqrt{f_c'} \\ &= 5700 \sqrt{4978} \\ &= 4021694 \text{ psi}\end{aligned}$$

1.5.3 Menghitung Modulus Reaksi Tanah Dasar

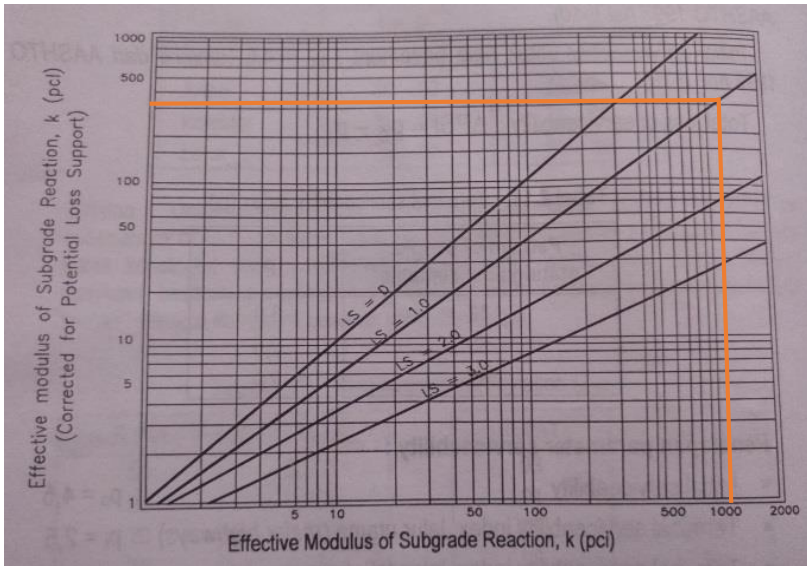
Nilai CBR tanah dasar yang digunakan sebagai desain adalah sebesar 15% dengan dukungan subbase. Sehingga nilai modulus reaksi tanah dasar efektif dapat digitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{CBR tanah dasar} = 15 \%$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai Modulus Resilien } (Mr) &= 1500 \times \text{CBR} \\ &= 1500 \times 15\% = 22500 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Modulus reaksi tanah dasar } (k) &= \frac{MR}{19,4} \\ &= \frac{22500}{19,4} = 1159,8 \text{ psi}\end{aligned}$$

AASHTO 1993 mengembangkan cara yang teliti untuk memperhitungkan pengaruh tipe material dan tebal lapis pondasi. Untuk memperhitungkan pengaruh tersebut perlu diperhatikan faktor kehilangan dukungan (*loss of support factor*, LS) merujuk pada Tabel 2.9 dengan nilai elastisitas beton (E_c) sebesar 4021694,4 psi maka memenuhi syarat untuk menggunakan campuran agregat semen untuk pondasi bawah sehingga faktor kehilangan dukungan (LS) sebesar 1 dan nilai modulus reaksi tanah dasar efektif (k) sebesar 1159,8 pci. Sehingga nilai modulus reaksi tanah dasar koreksi dapat ditentukan menggunakan Gambar 4.5 dan untuk *Faktor Loss of Support* (LS) mengacu pada Tabel 2.9



Gambar 1.5 *Correction of Effective modulus of Subgrade Reaction for Potential Loss Subbase Support*
 Sumber : Rigid Pavement (2009)

Hasil yang didapat dari Gambar adalah nilai modulus reaksi tanah dasar efektif (k) dikoreksi terhadap potensi kehilangan dukungan lapis pondasi adalah sebesar 410 pci.

1.5.4 Menentukan Nilai *Reliability* dan Nilai Standart Normal Deviasi (Z_R)

Nilai *reliability* yang digunakan dalam parameter desain dapat merujuk pada Tabel 2.3. Area Teluk Lamong memiliki klasifikasi jalan yang bebas hambatan untuk perkotaan (Urban) yang memiliki nilai *reliability* sebesar 90% - 99,9% dan diambil angka tengahnya yaitu sebesar 95% sebagai parameter desain seperti yang disarankan pada AASHTO 1993. Setelah ditentukan nilai *reliability* maka dapat ditentukan nilai standart normal deviasi (Z_R) yang terdapat pada Tabel

2.4. Nilai standart normal deviasi (ZR) berdasarkan Tabel 2.4 dengan nilai reliability 95% adalah sebesar -1,645.

Tingkat Kepercayaan (R) = 95% (berdasarkan Tabel 2.3)
 Standar Normal Deviasi (ZR) = -1,645 (berdasarkan Tabel 2.4)

1.5.5 Menentukan Nilai Deviasi Standar Keseluruhan (So)

Deviasi standar keseluruhan (So) yang disarankan AASHTO 1993 untuk perkerasan kaku berkisar diantar 0,30 - 0,40. Untuk perkerasan kaku, disarankan = 0,35.

Standar Deviasi Keseluruhan (So) = 0,35

1.5.6 Menentukan Nilai Koefisien Drainase (Cd)

Koefisien drainase (Cd) yang digunakan untuk melihat tingkat kemampuan penyerapan air pada area perkerasan. Nilai Cd untuk perkerasan kaku dapat dilihat pada tabel 2.7. Untuk cara menentukan persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembapannya mendekati jenuh air yaitu dengan persamaan dibawah. Namun, sebelum itu mencari data jumlah hari hujan per tahun dihitung 10 tahun dari sekarang, hujan rata – rata per hari (Tj) = 2,5 jam dan kualitas drainase dianggap *excellent*. Berikut tabel data jumlah hari hujan tahun 2010 – tahun 2019.

Tabel 1.17 Data Jumlah Hari Hujan per Tahun

NO	TAHUN	HARI HUJAN
1	2010	247
2	2011	166
3	2012	142
4	2013	164
5	2014	163
6	2015	120

NO	TAHUN	HARI HUJAN
7	2016	192
8	2017	174
9	2018	121
10	2019	101
Σ Hari Hujan		159

Sumber : BMKG JATIM (2020)

Dari tabel diatas dapat dihitung bahwa rata – rata jumlah hari hujan per tahun adalah 159 hari. Kemudian dihitung nilai persentase struktur perkerasan dalam satu tahun terkena air dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_j = 2,5 \text{ jam per hari}$$

$$T_h = 159 \text{ hari}$$

$$C = 0,825 \text{ (untuk jalan beton)}$$

$$P = \frac{T_j \times T_h}{8760} \times (1 - C) \times 100$$

$$P = \frac{2,5 \times 159}{8760} \times (1 - 0,825) \times 100$$

$$P = 0,79 \% < 1\%$$

Dari perhitungan di atas, maka angka persentase struktur perkerasan dalam satu tahun terkena air sebesar 0,79%. Berdasarkan tabel 2.7 nilai koefisien drainase memiliki angka antar 1,25 – 1,20, maka diambil nilai tengahnya yaitu 1,225.

$$\text{Koefisien drainase (Cd)} = 1,225$$

1.5.7 Menentukan Koefisien Transfer Beban (J)

Menentukan Koefisien Transfer Beban (J) disarankan oleh AASHTO 1993 untuk Perkerasan Beton Bertulang bersambungan

(JRCP) dengan *dowel* yaitu 2,5 – 3,1 . Maka nilai koefisien transfer beban (J) yang digunakan adalah 2,8.

$$\text{Koefisien tranfer beban (J)} = 2,8$$

1.5.8 Menghitung Volume Lalu Lintas

Untuk menghitung volume lalu lintas data yang dibutuhkan adalah data jumlah lalu lintas harian rata – rata (LHR) yang diperoleh dari analisa kendaraan harian. VDF (Vehicle Damaging Factor) adalah factor yang digunakan untuk perkerasan. Nilai VDF dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.2. DD adalah factor distribusi arah dengan nilai 0,3 – 0,7 namun umumnya digunakan dengan nilai 0,5. DL yaitu factor distribusi lajur yang mengacu pada tabel 2.1. Untuk lebih jelasnya, W_{18} dapat dihitung dengan persamaan 2.1, Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel dibawah ini:

Tabel 1.18 Total volume LHR untuk perencanaan

Jenis Kendaraan	LHR	LHR 2040
	Kend/hari/2 arah	Kend/hari/2 arah
Trailer Sumbu Tandem	127	2736
Trailer Sumbu Tridem	169	3641

Mutu Beton (f_c') = 35 MPa
 Pertumbuhan lalu lintas = 16,59% per tahun (Tabel 1.2)

Tabel 1.19 Menghitung Repetisi Beban Selama Umur Rencana (W18)

Jenis Kendaraan	LHR	VDF	DD	DL	365	W18
	Kend/hari/2 arah					Lss/lajur/Umur rencana
Trailer Sumbu Tandem	127	5,3443	0,5	0,9	365	111481
Trailer Sumbu Tridem	169	6,4443	0,5	0,9	365	178882
Total	296					290363

Sumber : Hasil Analisa

Dari tabel diatas didapat nilai W18 dalam 1 tahun adalah 290363 ESAL. Lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan kaku yaitu lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Sebagai perhitungannya pada persamaan dibawah ini:

$$Wt = W18 \times \frac{(1 + g)^n - 1}{g}$$

$$Wt = 290363 \times \frac{(1 + 0,1659)^{20} - 1}{0,1659}$$

$$Wt = 35951766,78$$

Jadi, nilai W18 pada umur rencana yang digunakan yaitu sebesar 35951766,78 ESAL.

1.5.9 Tebal Pelat Perkerasan

Dari perhitungan diatas, maka parameter yang digunakan untuk menentukan tebal pelat perkerasan betonnya yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Umur rencana} &= 20 \text{ tahun} \\ \text{CBR Tanah} &= 15\% \\ W_{18} &= 35951766,78 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Nilai Modulus Resilien (M_r) = $1500 \times \text{CBR} = 22500$ psi

Modulus reaksi tanah dasar (k) = $\frac{M_r}{19,4} = 1159,8$

Kuat tekan beton (f_c') = $350 \text{ kg/cm}^2 = 4978$ psi

Modulus elastisitas beton (E_c) = $57000 \times \sqrt{f_c'} = 1066372,36 \text{ kg/cm}^2 = 4021694$ psi

Modulus lentur beton (S_c') = $45 \text{ kg/cm}^2 = 640$ psi

Koefisien transfer beban (J) = 2,8

Koefisien drainase (C_d) = 1,225

Tingkat Pelayanan Awal (P_o) = 4,5

Tingkat Pelayanan Akhir (P_t) = 2,5

Layanan kegagalan (ΔPSI) = $P_o - P_t = 4,5 - 2,5 = 2$

Reliabilitas (R) = 95%

Standar Normal deviasi (Z_R) = -1,645

Standar Deviasi Keseluruhan (S_o) = 0,35

Dari data diatas dapat dimasukkan ke dalam persamaan dibawah ini untuk mencari nilai tebal plat beton (D).

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \times S_o + 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta\text{PSI}}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + \frac{(4,22 + 0,32 P_t) \times \log_{10} \left[\frac{S_c' \times C_d [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0,25}} \right]} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}}$$

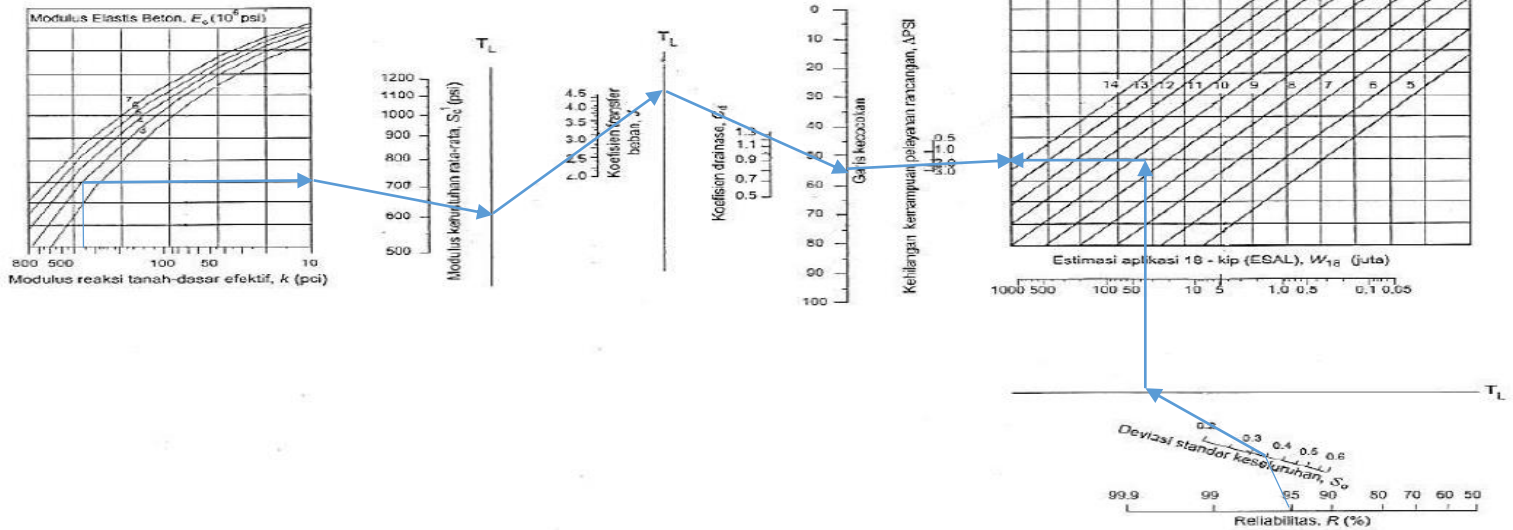
$$\log_{10} 290363 = (-1,645) \times (0,35)$$

$$+ 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}}$$

$$(4,22 + 0,32 (2,5)) \times \log_{10} \frac{640 \times 1,225 [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times (2,8) \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{4021694}{1159,8} \right)^{0,25}} \right]}$$

Dari persamaan tersebut, diperoleh $D = 9,483$ inci = 24,1 cm = 25 cm

Dengan parameter yang sama, tebal pelat beton juga dapat ditentukan dengan monogram yang ada pada gambar dibawah ini.



Gambar 1.6 Penentuan Tebal Perkerasan Menggunakan Nomogram AASHTO 1993

Sumber : AASHTO 1993

Dari gambar monogram diatas, maka tebal pelat dipatkan 9,5 inci = 24,13 cm = 25 cm.

Dari perhitungan persamaan dan monogram diatas, maka tebal pelat beton adalah 25 cm.

1.5.10 Perhitungan Tulangan

Pada perhitungan tulangan memerlukan beberapa data yakni sebagai berikut :

Tebal pelat = 250 mm = 25 cm

Lebar pelat = $2 \times 3,5$ m (untuk 2 jalur)

Panjang pelat = 15 m (jarak antar sambungan)

Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi bawah (F) = 1,5 (berdasarkan Tabel 2.13)

Kuat tarik ijin baja = 230 MPa (berdasarkan nilai standar kuat tarik ijin beton \pm 230 MPa)

a. Tulangan Memanjang

$$AS = \frac{11,76 \times (F \times L \times h)}{fs}$$

$$As = \frac{11,76 (1,8 \times 15 \times 250)}{230}$$

$$As = 287,6087 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Luas tulangan minimum $As = 0,14\%$ (menurut SK SNI T-15-1991-03)

$$As \text{ min} = 0,0014 \times 250 \times 1000 = 350 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$S = \frac{b \times 0,25 \times \pi \times \emptyset tul^2}{AS}$$

$$S = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}{287,6087}$$

$$S = 2445,54497 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

S dipilih = 500 mm

$$AS \text{ pilih} = \frac{b \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset tul^2}{S \text{ pilih}}$$

$$AS \text{ pilih} = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}{500}$$

$$AS \text{ pilih} = 1406,72 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$AS \text{ pilih} = 1407 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Dipergunakan tulangan diameter 16 mm, jarak 500 mm

(berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)

b. Tulangan Melintang

$$As = \frac{11,76 (F \cdot L \cdot h)}{fs}$$

$$As = \frac{11,76 (1,5 \cdot 7 \cdot 250)}{230}$$

$$As = 134,2173913 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Luas tulangan minimum $As = 0,14\%$ (berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)

$As \text{ minimum} = 0,0014 \times 250 \times 1000 = 350 \text{ mm}^2/\text{m lebar} >$
 $As \text{ perlu} = 134,2173913 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$

$$S = \frac{b \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \times t^2}{A_s}$$

$$S = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}{134,2173913}$$

$$S = 567,43764 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

S dipilih = 500 mm (berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)

$$AS \text{ pilih} = \frac{b \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \times t^2}{s \text{ pilih}}$$

$$AS \text{ pilih} = \frac{3500 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}{500}$$

$$As \text{ pilih} = 1406,72 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$AS \text{ pilih} = 1407 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Dipergunakan tulangan diameter 16 mm, jarak 500 mm

(berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)

1.5.11 Perhitungan *Tie Bar*

Dari perhitungan pelat beton yakni didapatkan 25 cm, untuk *tie bar* didapatkan data sebagai berikut :

$$\text{Diameter } tie \text{ bar} = \frac{5}{8} \text{ in} = 15,9 \text{ mm} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang } tie \text{ bar} = 30 \text{ in} = 750 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar ruji} = 38 \text{ in} = 970 \text{ mm}$$

1.5.12 Perhitungan *Dowel*

Dari perhitungan pelat beton yakni didapatkan 25 cm, untuk menghitung *dowel* dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Diameter } \textit{dowel} &= \frac{D}{8} \\ &= \frac{25}{8} = 3,125 \text{ cm} = 31,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang } \textit{dowel} = 46 \text{ cm} = 460 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar ruji} = 30 \text{ cm} = 300 \text{ mm}$$

1.6 Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) ini diasumsikan pada harga pelat beton per m² berdasarkan tiap metodenya. Berikut hasil perhitungan tiap metode yang di dapat beserta anggarannya:

Tabel 4.20 Harga Pelat Beton /m²

Spesifikasi Bahan	Bina Marga Pd T-14-2003		AASHTO 1993		NAASRA	
Mutu beton	Tebal pelat		Tebal pelat		Tebal pelat	
K 350	24 cm		25 cm		22 cm	
Harga pelat beton per m ³	Tebal plat	Harga /m ²	Tebal plat	Harga /m ²	Tebal plat	Harga /m ²
K 350	24 cm	Rp. 295.816	25 cm	Rp. 304.740	22 cm	Rp. 297.384

Sumber : Hasil Analisis (2020)