

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Data

5.1.1 Lalu Lintas

Data lalu lintas yang digunakan yaitu data lalu-lintas harian rata-rata (LHR) Provinsi D.I Yogyakarta ruas jalan Arteri utara tahun 2014 sampai dengan tahun 2017. Data LHR ini diperoleh dari hasil survei lalu lintas pada ruas jalan Arteri utara yang dilakukan oleh instansi terkait yaitu satuan kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi D.I Yogyakarta.

1. Volume lalu lintas

Dari data LHR yang ada dapat diprediksi nilai pertumbuhan lalu lintas yang akan terjadi. Setelah mengetahui prediksi nilai pertumbuhan lalu lintas maka dapat diprediksi jumlah kendaraan yang akan melintas selama umur rencana (40 tahun). Data LHR Jalan Arteri Utara tahun 2014 sampai dengan tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 5.1

**Tabel 5.1 Lalu-lintas Harian Rata-rata (LHR) Jalan Arteri Utara
(Kendaraan/hari)**

No	Tipe Kendaraan	LHR 2014	LHR 2015	LHR 2016	LHR 2017
1	Sedan,Jeep,Wagon	7823	10569	36264	78168
2	Combi,Minibus	14462	18133	1413	4160
3	Pick up, Mobil hantaran	2469	3115	3001	7766
4	Bus Kecil	379	653	436	1498
5	Bus Besar	220	708	252	676
6	Truk Ringan 2 sumbu	505	696	648	1728
7	Truk Sedang 2 sumbu	1475	1752	1248	3404
8	Truk 3 sumbu	371	296	311	860
9	Truk Gandengan	18	84	75	150
10	Truk Semi Trailer	51	67	86	207

Sumber : P2JN (2014-2017)

2. Arus lalu lintas

Dari data pada Tabel 5.1 maka dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang dengan perhitungan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Lalu-lintas Harian Rata-rata (LHR) Jalan Arteri Utara (smp)

Jenis Kendaraan		EMP	LHR 2014		LHR 2015		LHR 2016		LHR 2017	
			Kendaraan	SMP	Kendaraan	SMP	Kendaraan	SMP	Kendaraan	SMP
Sedan,Jeep,Wagon	LV	1	7823	7823	10569	10569	36264	36264	78168	78168
Combi,Minibus	LV	1	14462	14462	18133	18133	1413	1413	4160	4160
Pick up	LV	1	2469	2469	3115	3115	3001	3001	7766	7766
Bus Kecil	LV	1	379	379	653	653	436	436	1498	1498
Bus Besar	HV	1,3	220	286	708	920,4	252	327,6	676	878,8
Truk Ringan 2 sumbu	HV	1,3	505	656,5	696	904,8	648	842,4	1728	2246,4
Truk Sedang 2 sumbu	HV	1,3	1475	1917,5	1752	2277,6	1248	1622,4	3404	4425,2
Truk 3 sumbu	HV	1,3	371	482,3	296	384,8	311	404,3	860	1118
Truk Gandengan	HV	1,3	18	23,4	84	109,2	75	97,5	150	195
Truk Semi Trailer	HV	1,3	51	66,3	67	87,1	86	111,8	207	269,1
Jumlah Kendaraan				28565		37154		44520		100725

Sumber : Hasil Perhitungan

3. Pertumbuhan lalu lintas (i)

Lalu lintas harian rerata (LHR) menentukan pertumbuhan lalu lintas, karena terdapat data lalu lintas harian rerata (LHR) pada tahun 2014 sampai 2017. Maka dapat dihitung menggunakan persamaan 3.14 pada tahun 2014 sampai tahun 2015.

$$\text{LHRT} = \text{LHR}_0 (1+i)^n$$

$$\text{LHR}_{2015} = \text{LHR}_{2014} (1+i)^n$$

$$37154 = 28565 (1+i)^1$$

$$i = 3,0 \%$$

Dari perhitungan pertumbuhan lalu lintas maka perhitungan tahun selanjutnya ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Pertumbuhan Lalu Lintas Jalan Arteri Utara

Tahun	LHR	LHR ₀ (smp/jam)	LHRT (smp/jam)	n	i (%)
2014	28565	-	-		-
2015	37154	28565	37154	1	3,00
2016	44520	37153,9	44520	2	0,94
2017	100725	44520	100725	3	3,12
Pertumbuhan lalu lintas rata-rata Jalan Arteri Utara					2,353

Sumber : Hasil Perhitungan

Sehingga pertumbuhan lalu lintas Jalan Arteri Utara sebesar 2,353%.

4. Beban as tiap jenis kendaraan

Jenis kendaraan sesuai dengan sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B). Beban as kendaraan dihitung menggunakan distribusi beban as dan berat masing-masing kendaraan yang lewat di persimpangan bersinyal Seturan dengan perhitungan sebagai berikut.

a. Jenis kendaraan = bus kecil

Beban kendaraan = 6,16 ton

Distribusi beban as

1. Roda depan (RD) = 34 %

2. Roda Belakang (RB) = 66 %

Beban as

1. Roda depan (RD) = 34 % x 6,16 = 2,094 ton

2. Roda belakang (RB) = 66 % x 6,16 = 4,066 ton

Dari perhitungan beban as tiap kendaraan maka perhitungan setiap jenis kendaraan ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Bebas As Tiap Jenis Kendaraan

Jenis Kendaraan	Beban kendaraan (ton)	Distribusi Beban as (%)			Beban as (ton)		
		RD	RB	RGB	RD	RB	RGB
Sedan, Jeep, Wagon	3,75	50	50		1,875	1,875	
Combi, Minibus	3,75	50	50		1,875	1,875	
Pick up, Mobil hantaran	3,75	50	50		1,875	1,875	
Bus Kecil	6,16	34	66		2,094	4,066	
Bus Besar	9,23	34	66		3,138	6,092	
Truk Ringan 2 sumbu	9,4	34	66		3,196	6,204	
Truk Sedang 2 sumbu	11,47	34	66		3,900	7,570	
Truk 3 sumbu	15,53	25	37,5	37,5	3,883	5,824	5,824
Truk Gandengan	29,29	18	28	54	5,272	8,201	15,817
Truk Semi Trailer	40,3	18	28	54	7,254	11,284	21,762

Sumber : Hasil Perhitungan

dengan:

RD = Roda depan,

RB = Roda belakang, dan

RGB = Roda gandeng belakang.

5.1.2 Data *Subgrade*

Data *subgrade* yang didapatkan dari Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi D.I Yogyakarta sebesar 26,70 % terlalu besar untuk nilai CBR di Indonesia, maka diasumsikan nilai CBR di persimpangan bersinyal Seturan sebesar 6%.

5.1.3 Data Hujan

Data hujan didapatkan dari Stasiun Klimatologi Kelas IV Mlati Yogyakarta yang ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Jumlah Hari Hujan per Tahun

Tahun	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
hari hujan (hari)	78	46	94	73	66	92	83	95	139	121

Sumber : Stasiun Klimatologi Kelas IV Mlati

Dari data jumlah hari hujan per tahun didapatkan hari hujan per tahun adalah 89 hari.

5.1.4 Data Karakteristik Perkerasan Kaku

Data Lainnya yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan kaku adalah sebagai berikut.

1. Umur rencana untuk perkerasan kaku simpangan bersinyal seturan yaitu 40 tahun,
2. Fungsi jalan adalah arteri, menghubungkan antar kota atau daerah yang menghendaki waktu tempuh yang singkat,
3. Terdiri 4 lajur dan 2 arah yang tidak mempunyai bahu jalan, dan
4. Material yang akan digunakan dalam perkerasan kaku di lapangan yaitu:
 - a. *Base course* agregat pondasi kelas A,
 - b. *Lean concrete* dengan mutu beton K125,
 - c. Mutu beton yang digunakan K450,dan
 - d. Perkerasan kaku menggunakan *dowel* dan *tie-bar*.

5.2 Perhitungan Metode AASHTO 1993

Untuk dapat menghitung ESAL atau traffic design dibutuhkan beberapa data sebagai berikut.

5.2.1 Umur Rencana

Umur rencana dengan mempertimbangkan kondisi jalan raya yaitu perkotaan dengan volume tinggi yaitu 30-50 tahun mengacu pada Tabel 3.3 umur rencana yang digunakan adalah 40 tahun.

5.2.2 Jenis/Penggolongan Kendaraan

Penggolongan kendaraan mengikuti sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B).

5.2.3 Faktor Distribusi Arah (D_D)

Faktor distribusi arah bergantung pada jumlah lajur setiap arah yang disarankan oleh AASHTO adalah 0,3-0,7 yang umumnya biasanya menggunakan 0,5.

5.2.4 Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Dengan mengacu pada Tabel 3.4 dan mempertimbangkan kondisi jalan arteri utara yang terdiri dari 4 lajur 2 arah terbagi (2 lajur x 2 arah) maka faktor distribusi lajur (D_L) sebesar 90%.

5.2.5 Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)

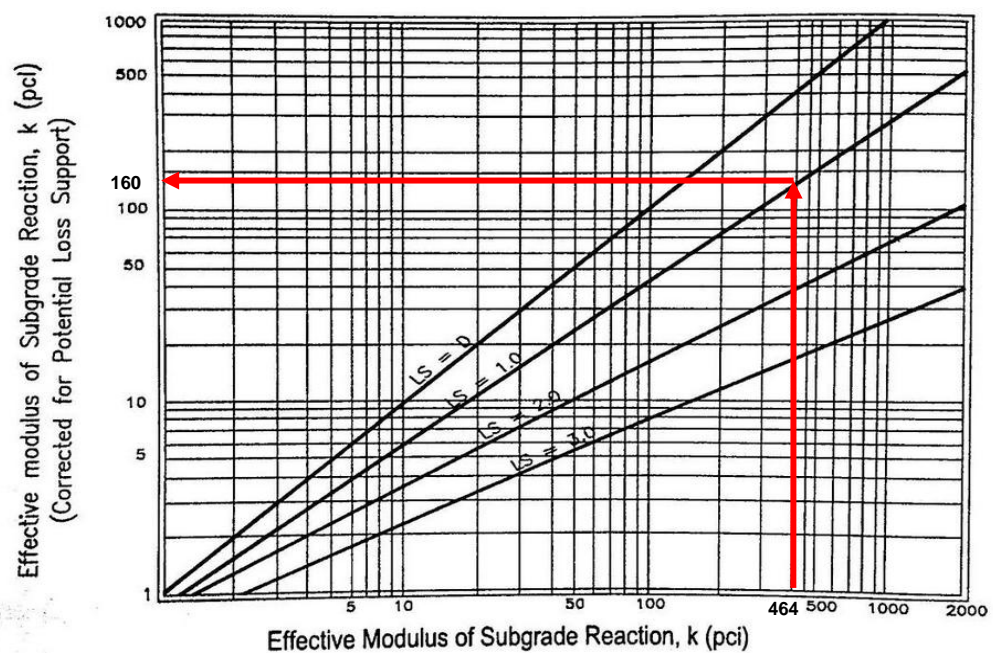
Kekuatan tanah dasar pada persimpangan bersinyal Seturan diasumsikan memiliki nilai CBR 6%. Dengan demikian, nilai modulus reaksi tanah dasar dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4.

$$k = \frac{MR}{19,4}$$

$$k = \frac{1500 \times 6}{19,4}$$

$$k = 464 \text{ pci}$$

AASHTO 1993 mengembangkan cara yang teliti untuk memperhitungkan tebal lapis pondasi dan pengaruh tipe material. Untuk menghitung pengaruh tipe material perlu diperhatikan faktor kehilangan dukungan (*loss of support factor, LS*) mengacu pada Tabel 3.5 memenuhi syarat menggunakan campuran agregat semen dengan faktor LS sebesar 1 dan nilai modulus reaksi tanah dasar sebesar 464 pci. Maka nilai modulus reaksi tanah dasar dapat dikoreksi menggunakan Gambar 5.1 yang mengacu pada Gambar 3.12.



Gambar 5.1 Modulus Reaksi Tanah Dasar Efektif Terhadap Kehilangan Dukungan Lapis Fondasi

Setelah mendapatkan nilai k dengan menggunakan Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5 maka nilai k harus dikoreksi menggunakan gambar 3.12. Untuk memperhitungkan pengaruh kehilangan dukungan dengan menggunakan $LS=1$ didapatkan nilai k sebesar 160 pci

5.2.6 Serviceability

Initial serviceability index (p_o) untuk rigid pavement sebesar 4,5 (AASHTO 1993). Nilai *terminal serviceability index* (p_t), mengacu pada rekomendasi AASHTO pada Tabel 3.6 ditetapkan sebesar 2,5. Dengan menggunakan Persamaan 3.8 didapatkan total loss serviceability berikut.

$$\begin{aligned}\Delta\text{PSI} &= p_o - p_t \\ \Delta\text{PSI} &= 4,5 - 2,5 \\ &= 2\end{aligned}$$

5.2.7 Reliability

Sesuai dengan klasifikasi jalan pada persimpangan bersinyal Seturan pada Tabel 3.7, didapatkan nilai reliabilitas (R) sebesar 80 – 99 % maka diambil nilai tengahnya yaitu 90%. Karena nilai *reliability* berpengaruh dengan nilai *standard normal deviation* (Z_R) dapat ditentukan menggunakan Tabel 3.8 sebesar -1,282.

5.2.8 Deviasi Standar Keseluruhan (S_o)

Deviasi standar keseluruhan adalah parameter yang digunakan untuk memperhitungkan adanya variasi dari input data. AASHTO 1993 menyarankan untuk nilai deviasi standar untuk perkerasan kaku sebesar 0.30-0.40. nilai deviasi standar yang digunakan untuk desain sebesar 0,35.

5.2.9 Modulus Elastisitas dan *Flexural Strength* Beton

Mutu beton yang digunakan yaitu K450 atau setara dengan 450 kg/cm². Jika nilai kuat dikonversi menjadi kuat tekan (benda uji silinder), maka nilai tersebut harus dikali dengan 0,083.

$$\begin{aligned}f_c' &= 450 \times 14,2233 \\ &= 6400,485 \text{ psi}\end{aligned}$$

Nilai modulus elastisitas beton, menggunakan Persamaan 3.9 maka,

$$\begin{aligned} E_c &= 57000\sqrt{f'_c} \\ &= 57000\sqrt{6400,485} \\ &= 4560172,778 \text{ psi} \end{aligned}$$

Sedangkan, nilai kuat lentur beton menggunakan Persamaan 3.10 maka,

$$\begin{aligned} S_c' &= 7,5\sqrt{f'_c} \\ &= 7,5\sqrt{6400,485} \\ &= 600,023 \text{ psi} \end{aligned}$$

5.2.10 Koefisien Drainase (C_d)

Dari data jumlah hari hujan per tahun dari Tabel 5.3 didapatkan hujan rata-rata per hari berdurasi 1,5 jam dan kualitas drainase dianggap “sangat baik”, maka nilai persen hari efektif hujan dalam setahun yang akan mempengaruhi perkerasan (P) dapat dicari menggunakan Persamaan 3.11. Nilai koefisien pengaliran (C) untuk jalan beton mengacu pada Tabel 3.10 ditetapkan sebesar 82,5%.

$$\begin{aligned} W_L &= 100-82,5 \\ &= 17,5\% \end{aligned}$$

$$T_{\text{hari}} = \frac{78+46+94+73+66+92+83+95+139+121}{10} = 88,7 \text{ hari} \approx 89 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{heff}} &= \frac{T_{\text{jam}}}{24} \times \frac{T_{\text{hari}}}{365} \times W_L \times 100 \\ &= \frac{1,5}{24} \times \frac{89}{365} \times 17,5\% \times 100 \\ &= 0,2667\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai $P < 1\%$ mengacu pada Tabel 3.11 didapatkan kualitas drainase “sangat baik” dengan nilai koefisien drainase (C_d) sebesar 1,225.

5.2.11 Koefisien Transfer Beban (J)

Penetapan parameter koefisien transfer beban mengacu pada Tabel 3.12 ditunjukkan pada Tabel 5.6. Nilai parameter koefisien transfer beban menurut AASHTO 1993 yaitu:

1. Untuk sambungan dengan dowel : $J = 2,5 - 3,1$
2. Untuk perancangan lapis tambahan (*overlay*) : $J = 2,2 - 2,6$

Tabel 5.6 Penentuan Koefisien Transfer Beban (J)

Tipe Perkerasan	Nilai J	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1
<i>Plain jointed & jointed reinforced</i>	2,5-3,1										
<i>Overlay design</i>	2,2 – 2,6										
Nilai J terpilih	2,5-2,6										
J yang mewakili	2,55				2,55						

Maka, nilai koefisien transfer beban (J) yang digunakan sebesar 2,55.

5.2.12 Menghitung Volume Lalu Lintas Rencana

Menghitung volume lalu lintas rencana (W_{18}) dihitung menggunakan Persamaan 3.6 menggunakan faktor distribusi arah dan lajur pada Tabel 3.4 didapatkan D_D sebesar 0,5 dan D_L sebesar 0,9. AASHTO 1993 menyarankan tebal perkerasan perkiraan sebesar 6 inchi sampai 14 inchi. Percobaan tebal perkerasan yang digunakan sebesar 9 inchi sampai 13 inchi yang mendekati tebal perkerasan minimum yang digunakan dalam desain. Contoh perhitungan nilai *VDF* pada jenis kendaraan bus besar sebagai berikut.

1. Berat bus besar = 9,23 ton
2. Distribusi beban as
 - RD = 0,34
 - RB = 0,66
3. Beban as
 - RD = $0,34 \times 9,23 = 3,138 \text{ ton} = 6,918 \text{ kips}$
 - RB = $0,66 \times 9,23 = 6,092 \text{ ton} = 13,430 \text{ kips}$

4. Faktor ekivalensi beban gandar (E)

Nilai faktor ekivalensi beban gandar (E) dihitung dengan melakukan interpolasi dari *Axle Load Equivalency Factors for Rigid Pavements* sesuai dengan beban kendaraan kendaraan (*single, tandem* atau *triple*) dan Nilai *terminal serviceability index (P_t)* yang direncanakan yang terdapat pada Lampiran 3 sampai Lampiran 11.

$$RD = 0,01 + \frac{0,032-0,01}{8-6} \times (6,918- 6) = 0,02011$$

$$RB = 0,176 + \frac{0,341-0,176}{14-12} \times (13,43- 12) = 0,2939$$

5. Total ekivalensi

$$VDF = RD + RB = 0,0201 + 0,2939 = 0,3141 \text{ ESAL}$$

Perhitungan nilai *VDF* sesuai dengan *trial* tebal *slab* selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.7, Tabel 5.8, Tabel 5.9, Tabel 5.10 dan Tabel 5.11.

Tabel 5.7 Perhitungan VDF dengan Tebal Slab Rencana 9 Inchi

Golongan Kendaraan	Jenis kendaraan	Distribusi beban as kendaraan (Kips)			Faktor Ekuivalensi Beban Gandar (E)			Total Ekuivalensi (VDF)					
		RD	RB	RGB	RD	RB	RGB						
Golongan 2	Sedan, Jeep, Wagon	4,1336	4,1336		0,00254	0,00254		0,00508					
Golongan 3	Combi, Minibus												
Golongan 4	Pick up, Mobil hantaran												
Golongan 5a	Bus Kecil								4,6173	8,9630	0,00447	0,05608	0,06055
Golongan 5b	Bus Besar								6,9185	13,4300	0,02011	0,29398	0,31409
Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu								7,0459	13,6773	0,00815	0,14412	0,15227
Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu								8,5975	16,6893	0,04694	0,74048	0,78742
Golongan 7a	Truk 3 sumbu	8,5594	25,6781	0,04599	0,59335	0,63934							
Golongan 7b	Truk Gandengan	11,6231	18,0804	34,8693	0,15829	0,46078	2,14167	2,76074					
Golongan 7c	Truk Semi Trailer	15,9922	24,8767	47,9765	0,60298	0,52203	7,71591	8,84092					

Tabel 5.8 Perhitungan VDF dengan Tebal Slab Rencana 10 Inchi

Golongan Kendaraan	Jenis kendaraan	Distribusi beban as kendaraan (Kips)			Faktor Ekuivalensi Beban Gandar (E)			Total Ekuivalensi (VDF)					
		RD	RB	RGB	RD	RB	RGB						
Golongan 2	Sedan, Jeep, Wagon	4,1336	4,1336		0,00254	0,00254		0,00508					
Golongan 3	Combi, Minibus												
Golongan 4	Pick up, Mobil hantaran												
Golongan 5a	Bus Kecil								4,6173	8,9630	0,00447	0,05560	0,06007
Golongan 5b	Bus Besar								6,9185	13,4300	0,02011	0,29155	0,31166
Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu								7,0459	13,6773	0,00863	0,13763	0,14626
Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu								8,5975	16,6893	0,04664	0,73851	0,78515
Golongan 7a	Truk 3 sumbu	8,5594	25,6781	0,04571	0,59119	0,63690							
Golongan 7b	Truk Gandengan	11,6231	18,0804	34,8693	0,15729	0,46078	2,18036	2,79843					
Golongan 7c	Truk Semi Trailer	15,9922	24,8767	47,9765	0,59998	0,51947	8,19462	9,31407					

Tabel 5.9 Perhitungan VDF dengan Tebal Slab Rencana 11 Inchi

Golongan Kendaraan	Jenis kendaraan	Distribusi beban as kendaraan (Kips)			Faktor Ekivalensi Beban Gandar (E)			Total Ekivalensi (VDF)					
		RD	RB	RGB	RD	RB	RGB						
Golongan 2	Sedan,Jeep,Wagon	4,1336	4,1336		0,00254	0,00254		0,00508					
Golongan 3	Combi,Minibus												
Golongan 4	Pick up, Mobil hantaran												
Golongan 5a	Bus Kecil								4,6173	8,9630	0,00447	0,05512	0,05959
Golongan 5b	Bus Besar								6,9185	13,4300	0,02011	0,29055	0,31066
Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu								7,0459	13,6773	0,00911	0,13331	0,14242
Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu								8,5975	16,6893	0,04634	0,73720	0,78354
Golongan 7a	Truk 3 sumbu	8,5594	25,6781	0,04543	0,59019	0,63562							
Golongan 7b	Truk Gandengan	11,6231	18,0804	34,8693	0,15629	0,45978	2,19906	2,81513					
Golongan 7c	Truk Semi Trailer	15,9922	24,8767	47,9765	0,59798	0,51847	8,53344	9,64989					

Tabel 5.10 Perhitungan VDF dengan Tebal Slab Rencana 12 Inchi

Golongan Kendaraan	Jenis kendaraan	Distribusi beban as kendaraan (Kips)			Faktor Ekuivalensi Beban Gandar (E)			Total Ekuivalensi (VDF)				
		RD	RB	RGB	RD	RB	RGB					
Golongan 2	Sedan,Jeep,Wagon	4,1336	4,1336		0,00254	0,00254	0,00508					
Golongan 3	Combi,Minibus											
Golongan 4	Pick up, Mobil hantaran											
Golongan 5a	Bus Kecil							4,6173	8,9630	0,00447	0,05512	0,05959
Golongan 5b	Bus Besar							6,9185	13,4300	0,02011	0,28983	0,30994
Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu							7,0459	13,6773	0,00911	0,13331	0,14242
Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu							8,5975	16,6893	0,04634	0,73720	0,78354
Golongan 7a	Truk 3 sumbu	8,5594	25,6781	0,04543	0,58919	0,63462						
Golongan 7b	Truk Gandengan	11,6231	18,0804	34,8693	0,15629	0,45978	2,20906					
Golongan 7c	Truk Semi Trailer	15,9922	24,8767	47,9765	0,59798	0,51747	8,73274					

Tabel 5.11 Perhitungan VDF dengan Tebal Slab Rencana 13 Inchi

Golongan Kendaraan	Jenis kendaraan	Distribusi beban as kendaraan (Kips)			Faktor Ekuivalensi Beban Gandar (E)			Total Ekuivalensi (VDF)					
		RD	RB	RGB	RD	RB	RGB						
Golongan 2	Sedan, Jeep, Wagon	4,1336	4,1336		0,00254	0,00254		0,00508					
Golongan 3	Combi, Minibus												
Golongan 4	Pick up, Mobil hantaran												
Golongan 5a	Bus Kecil								4,6173	8,9630	0,00447	0,05512	0,05959
Golongan 5b	Bus Besar								6,9185	13,4300	0,02011	0,28955	0,30966
Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu								7,0459	13,6773	0,00911	0,13331	0,14242
Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu								8,5975	16,6893	0,04634	0,73720	0,78354
Golongan 7a	Truk 3 sumbu	8,5594	25,6781	0,04543	0,58919	0,63462							
Golongan 7b	Truk Gandengan	11,6231	18,0804	34,8693	0,15548	0,45574	2,20906	2,82028					
Golongan 7c	Truk Semi Trailer	15,9922	24,8767	47,9765	0,59798	0,51747	8,84238	9,95783					

W_{18} (ESAL) setahun umur rencana menggunakan Persamaan 3.4.

Tebal *Slab* 9 inchi

Jenis kendaraan = Bus besar

LHR = 676

VDF = 0,31409

D_D = 0,5

D_L = 0,9

Maka,

$$\begin{aligned}W_{18} &= \sum LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365 \\ &= 676 \times 0,31409 \times 0,5 \times 0,9 \times 365 \\ &= 69748,7099 \text{ ESAL}\end{aligned}$$

Perhitungan W_{18} selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.12, Tabel 5.13, Tabel 5.14, Tabel 5.15 dan Tabel 5.16.

Tabel 5.12 Perhitungan W_{18} dengan Tebal Slab 9 inchi

Golongan Kendaraan	Tipe Kendaraan	LHR	VDF	Faktor Arah (Dd)	Faktor Lajur (Dl)	Jumlah Hari dalam setahun	W_{18} (ESAL) setahun umur rancangan
Golongan 2	Sedan,Jeep,Wagon	78168	0,00508	0,5	0,9	365	130445,1950
Golongan 3	Combi,Minibus	4160	0,00508	0,5	0,9	365	6942,1248
Golongan 4	Pick up, Mobil hantaran	7766	0,00508	0,5	0,9	365	12959,7455
Golongan 5a	Bus Kecil	1498	0,06055	0,5	0,9	365	29796,2312
Golongan 5b	Bus Besar	676	0,31409	0,5	0,9	365	69748,7099
Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu	1728	0,15227	0,5	0,9	365	86435,7610
Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu	3404	0,78742	0,5	0,9	365	880504,0679
Golongan 7a	Truk 3 sumbu	860	0,63934	0,5	0,9	365	180619,9434
Golongan 7b	Truk Gandengan	150	2,76074	0,5	0,9	365	136035,4635
Golongan 7c	Truk Semi Trailer	207	8,84092	0,5	0,9	365	601178,1395
Total							2134665,3817

Lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan kaku adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Untuk menghitung nilai lalu lintas kumulatif untuk tebal *slab* 9 inchi menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$\begin{aligned}
 W_t &= W_{18} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \\
 &= 2134665,3817 \times \frac{(1+2,353)^{40} - 1}{4,8} \\
 &= 139290865 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.13 Perhitungan W_{18} dengan Tebal Slab 10 inchi

Golongan Kendaraan	Tipe Kendaraan	LHR	VDF	Faktor Arah (Dd)	Faktor Lajur (Dl)	Jumlah Hari dalam setahun	W_{18} (ESAL) setahun umur rancangan
Golongan 2	Sedan,Jeep,Wagon	78168	0,00508	0,5	0,9	365	130445,1950
Golongan 3	Combi,Minibus	4160	0,00508	0,5	0,9	365	6942,1248
Golongan 4	Pick up, Mobil hantaran	7766	0,00508	0,5	0,9	365	12959,7455
Golongan 5a	Bus Kecil	1498	0,06007	0,5	0,9	365	29560,0265
Golongan 5b	Bus Besar	676	0,31166	0,5	0,9	365	69209,0896
Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu	1728	0,14626	0,5	0,9	365	83024,1965
Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu	3404	0,78515	0,5	0,9	365	877965,7221
Golongan 7a	Truk 3 sumbu	860	0,63690	0,5	0,9	365	179930,6190
Golongan 7b	Truk Gandengan	150	2,79843	0,5	0,9	365	137892,6383
Golongan 7c	Truk Semi Trailer	207	9,31407	0,5	0,9	365	633352,1030
Total							2161281,4602

Untuk menghitung nilai lalu lintas kumulatif untuk tebal slab 10 inchi menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$\begin{aligned}
 W_t &= W_{18} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \\
 &= 2161281,4602 \times \frac{(1+2,353)^{40} - 1}{4,8} \\
 &= 141027613 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.14 Perhitungan W_{18} dengan Tebal Slab 11 inchi

Golongan Kendaraan	Tipe Kendaraan	LHR	VDF	Faktor Arah (D_D)	Faktor Lajur (D_L)	Jumlah Hari dalam setahun	W₁₈ (ESAL) setahun umur rancangan
Golongan 2	Sedan,Jeep,Wagon	78168	0,00508	0,5	0,9	365	130445,1950
Golongan 3	Combi,Minibus	4160	0,00508	0,5	0,9	365	6942,1248
Golongan 4	Pick up, Mobil hantaran	7766	0,00508	0,5	0,9	365	12959,7455
Golongan 5a	Bus Kecil	1498	0,05959	0,5	0,9	365	29323,8219
Golongan 5b	Bus Besar	676	0,31066	0,5	0,9	365	68987,0236
Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu	1728	0,14242	0,5	0,9	365	80844,4282
Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu	3404	0,78354	0,5	0,9	365	876165,3976
Golongan 7a	Truk 3 sumbu	860	0,63562	0,5	0,9	365	179569,0062
Golongan 7b	Truk Gandengan	150	2,81513	0,5	0,9	365	138715,5308
Golongan 7c	Truk Semi Trailer	207	9,64989	0,5	0,9	365	656187,6951
Total							2180139,9685

Untuk menghitung nilai lalu lintas kumulatif untuk tebal *slab* 11 inchi menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$\begin{aligned}
 W_t &= W_{18} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \\
 &= 2180139,9685 \times \frac{(1+2,353)^{40} - 1}{4,8} \\
 &= 142258165 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.15 Perhitungan W_{18} dengan Tebal Slab 12 inchi

Golongan Kendaraan	Tipe Kendaraan	LHR	VDF	Faktor Arah (Dd)	Faktor Lajur (Dl)	Jumlah Hari dalam setahun	W_{18} (ESAL) setahun umur rancangan
Golongan 2	Sedan,Jeep,Wagon	78168	0,00508	0,5	0,9	365	130445,1950
Golongan 3	Combi,Minibus	4160	0,00508	0,5	0,9	365	6942,1248
Golongan 4	Pick up, Mobil hantaran	7766	0,00508	0,5	0,9	365	12959,7455
Golongan 5a	Bus Kecil	1498	0,05959	0,5	0,9	365	29323,8219
Golongan 5b	Bus Besar	676	0,30994	0,5	0,9	365	68827,1360
Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu	1728	0,14242	0,5	0,9	365	80844,4282
Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu	3404	0,78354	0,5	0,9	365	876165,3976
Golongan 7a	Truk 3 sumbu	860	0,63462	0,5	0,9	365	179286,4962
Golongan 7b	Truk Gandengan	150	2,82513	0,5	0,9	365	139208,2808
Golongan 7c	Truk Semi Trailer	207	9,84819	0,5	0,9	365	669671,9959
Total							2193674,6218

Untuk menghitung nilai lalu lintas kumulatif untuk tebal slab 12 inchi menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$\begin{aligned}
 W_t &= W_{18} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \\
 &= 2193674,6218 \times \frac{(1+2,353)^{40} - 1}{4,8} \\
 &= 143141327 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.16 Perhitungan W_{18} dengan Tebal Slab 13 inchi

Golongan Kendaraan	Tipe Kendaraan	LHR	VDF	Faktor Arah (D_D)	Faktor Lajur (D_L)	Jumlah Hari dalam setahun	W_{18} (ESAL) setahun umur rancangan
Golongan 2	Sedan,Jeep,Wagon	78168	0,00508	0,5	0,9	365	130445,1950
Golongan 3	Combi,Minibus	4160	0,00508	0,5	0,9	365	6942,1248
Golongan 4	Pick up, Mobil hantaran	7766	0,00508	0,5	0,9	365	12959,7455
Golongan 5a	Bus Kecil	1498	0,05959	0,5	0,9	365	29323.8219
Golongan 5b	Bus Besar	676	0,30966	0,5	0,9	365	68764,9576
Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu	1728	0,14242	0,5	0,9	365	80844,4282
Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu	3404	0,78354	0,5	0,9	365	876165,3976
Golongan 7a	Truk 3 sumbu	860	0,63462	0,5	0,9	365	179286,4962
Golongan 7b	Truk Gandengan	150	2,82028	0,5	0,9	365	138969,2970
Golongan 7c	Truk Semi Trailer	207	9,95783	0,5	0,9	365	677127,4611
Total							2200828,9248

Untuk menghitung nilai lalu lintas kumulatif untuk tebal slab 13 inchi menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$\begin{aligned}
 W_t &= W_{18} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \\
 &= 2200828,9248 \times \frac{(1+2,353)^{40} - 1}{4,8} \\
 &= 143608158 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

5.2.13 Penentuan Tebal Pelat Beton (D)

Untuk menentukan tebal pelat beton yang dibutuhkan, digunakan Persamaan 3.12. Parameter yang digunakan dalam penentuan tebal pelat menggunakan metode AASHTO 1993 dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Parameter Penentuan Tebal Pelat Beton

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Umur Rencana	40	Tahun
2	Traffiq Design (W_{18})	9" = 139290865 10" = 141027613 11" = 142258165 12" = 143141327 13" = 143608158	ESAL
3	CBR	6	%
4	Initial serviceability (P_o)	4,5	
5	Terminal serviceability (P_t)	2,5	
6	Serviceability loss (ΔPSI)	2	
7	Reliability (R)	90	%
8	Standart Normal Deviate (Z_R)	-1,282	
9	Standard deviation (S_o)	0,35	
10	Modulus reaksi tanah dasar (k)	464	Pci
11	Kuat tekan beton ($f'c$)	450	kg/cm ²
12	Modulus elastisitas beton (E_c)	4560173	Psi
13	Kuat Lentur ($S'c$)	600,0227	Psi
14	Koefisien Drainase (C_d)	1,225	
15	Koefisien Transfer Beban (J)	2,55	

Nilai dari parameter tersebut dimasukkan ke Persamaan 3.12 untuk mencari tebal perkerasan yang diperlukan. Jika $\log_{10}W_{18}$ lebih kecil dibandingkan nilai perhitungan tebal perkerasan maka nilai tersebut yang digunakan untuk tebal perkerasan.

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 7,35 \log_{10} (D+1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{4,87}}} + (4,22 - 0,32 p_t) \\ \times \log_{10} \frac{Sc' Cd [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 J [D^{0,75} - \frac{18,42}{(\frac{Ec}{K})^{0,25}}]}$$

1. Perhitungan untuk tebal *slab* 9 inchi menggunakan Persamaan 3.12 berikut.

$$\log_{10} 139290865 = -1,282 \times 0,35 + 7,35 \log_{10} (D+1) - 0,06 \\ + \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{4,87}}} + (4,22 - 0,32 \times 2,5) \times \\ \log_{10} \frac{600,0227 \times 1,225 [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,55 [D^{0,75} - \frac{18,42}{(\frac{4560173}{464})^{0,25}}]}$$

8,14393 > 7,3875 (tidak terpenuhi)

2. Perhitungan untuk tebal *slab* 10 inchi menggunakan Persamaan 3.12 berikut.

$$\log_{10} 141027613 = -1,282 + 0,35 + 7,35 \log_{10} (D+1) - 0,06 \\ + \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{4,87}}} + (4,22 - 0,32 \times 2,5) \times \\ \log_{10} \frac{600,0227 \times 1,225 [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,55 [D^{0,75} - \frac{18,42}{(\frac{4560173}{464})^{0,25}}]}$$

8,14930 > 7,6918 (tidak terpenuhi)

3. Perhitungan untuk tebal *slab* 11 inchi menggunakan Persamaan 3.12 berikut.

$$\log_{10} 142258165 = -1,282 \cdot 0,35 + 7,35 \log_{10} (D+1) - 0,06$$

$$+ \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{4,87}}} + (4,22 - 0,32 \cdot 2,5) \times$$

$$\log_{10} \frac{600,0227 \cdot 1,225 [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \cdot 2,55 [D^{0,75} - \frac{18,42}{(\frac{4560173}{464})^{0,25}}]}$$

$$8,15307 > 7,9695 \text{ (tidak terpenuhi)}$$

4. Perhitungan untuk tebal *slab* 12 inchi menggunakan Persamaan 3.12 berikut.

$$\log_{10} 143141327 = -1,282 \times 0,35 + 7,35 \log_{10} (D+1) - 0,06$$

$$+ \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{4,87}}} + (4,22 - 0,32 \cdot 2,5) \times$$

$$\log_{10} \frac{600,0227 \cdot 1,225 [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \cdot 2,55 [D^{0,75} - \frac{18,42}{(\frac{4560173}{464})^{0,25}}]}$$

$$8,155765 < 8,2250 \text{ (terpenuhi)}$$

5. Perhitungan untuk tebal *slab* 13 inchi menggunakan Persamaan 3.12 berikut.

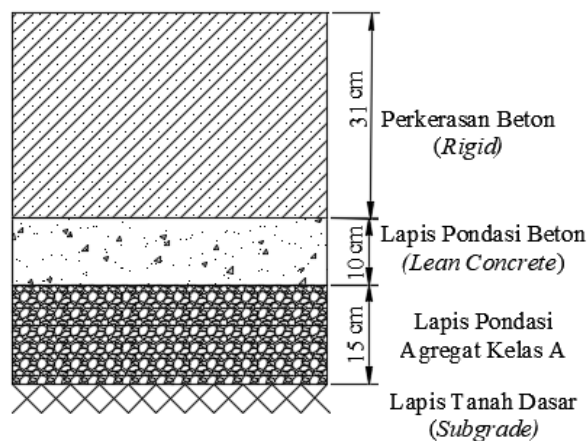
$$\log_{10} 253235582,82 = -1,282 \times 0,35 + 7,35 \log_{10} (D+1) - 0,06$$

$$+ \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{4,87}}} + (4,22 - 0,32 \cdot 2,5) \times$$

$$\log_{10} \frac{600,0227 \cdot 1,225 [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \cdot 2,55 [D^{0,75} - \frac{18,42}{(\frac{4560173}{464})^{0,25}}]}$$

$$8,15717 < 8,4615 \text{ (terpenuhi)}$$

Dari perhitungan diatas $D_{\text{perkiraan}}$ 9 inchi hingga 11 inchi tidak lebih besar dari perhitungan tebal *slabnya*. $D_{\text{perkiraan}}$ 12 inchi lebih besar dari perhitungan tebal *slab* dengan demikian untuk perencanaan digunakan tebal lapis beton (D) sebesar 12 inchi (31 cm). Tebal perkerasan kaku metode AASHTO 1993 ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Tebal Perkerasan Kaku Menggunakan Metode AASHTO 1993

5.2.14 Penentuan Lapis Fondasi

Lapis fondasi yang minimum yang disarankan AASHTO 1993 adalah sebesar 4 inchi atau sebesar 10 cm untuk lantai kerja (*lean concrete*) dan lapis fondasi bawah berupa agregat kelas A dengan tebal sebesar 15 cm.

5.2.15 Penentuan Segmen Pelat Beton

Ukuran segmen pelat beton yang disarankan oleh AASHTO mengacu pada Persamaan 3.13. Sehingga perhitungan ukuran segmen adalah sebagai berikut.

Tebal pelat yang digunakan adalah 12 inchi (31 cm)

$$\begin{aligned} \text{Panjang pelat maksimum} &= 2 \times 12 \text{ inchi} \\ &= 24 \text{ feet (7,315 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Lebar pelat maksimum} &= \text{panjang pelat maksimum}/1,25 \\
&= 7,315/1,25 \\
&= 5,852 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka digunakan ukuran segmen pelat beton adalah panjang pelat sebesar 4,0 meter dan lebar pelat sebesar 3,5 meter. Agar mengetahui apakah perhitungan diatas telah memenuhi persyaratan oleh AASHTO maka dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\text{Panjang pelat} &= 4 \text{ meter} < 7,315 \text{ meter (memenuhi syarat)} \\
\text{Perbandingan lebar dan panjang pelat} &= \text{panjang pelat} : \text{lebar pelat} \\
&= 4 : 3,5 \\
&= 1,143 < 1,25 \text{ (memenuhi syarat)}
\end{aligned}$$

Sehingga, ukuran segmen pelat beton persimpangan bersinyal Seturan yaitu panjang pelat 4,0 meter dan lebar pelat 3,5 meter.

5.2.16 Sambungan

Penulangan untuk sambungan dapat memperhatikan beberapa hal sebagai berikut.

1. Tebal pelat = 310 mm
2. Jumlah lajur tiap arah = 2 lajur
3. Panjang setiap segmen lajur = 4 meter
4. Lebar setiap lajur = 3,5 meter

Perhitungan penulangan sambungan yang digunakan untuk perencanaan perkerasan kaku persimpangan bersinyal Seturan sebagai berikut.

1. Perhitungan *Tie-bar*

Penulangan *tie-bar* dengan tebal perkerasan 12 inchi pada Tabel 3.13 menggunakan baja tulangan ulir ½ inchi, maka diameter tulangan yang

digunakan 13 mm dengan panjang tulangan 650 mm dan jarak antar tulangan yang digunakan 650 mm dengan lebar lajur 11 feet atau setara dengan 3,5 meter.

2. Perhitungan *Dowel*

Berdasarkan Tabel 3.14 dengan tebal pelat beton yang didapatkan yaitu 13 inchi maka ukuran *dowel* menggunakan baja tulangan polos berdiameter 38 mm, jarak antar *dowel* 300 mm dan panjang *dowel* 450 mm.

Gambar untuk penulangan sambungan menggunakan metode AASHTO 1993 ada pada Lampiran 12.

5.3 Perhitungan Metode Bina Marga 2017

Data yang diperlukan untuk menentukan tebal perkerasan kaku menggunakan metode Bina Marga sebagai berikut.

5.3.1 Umur Rencana

Umur rencana sesuai dengan jenis perkerasan yaitu perkerasan kaku pada Tabel 3.15 selama 40 tahun.

5.3.2 Lalu Lintas

Untuk analisis lalu lintas, data yang digunakan adalah data LHR tahun 2014 sampai tahun 2017 mengacu pada Tabel 5.1.

5.3.3 Pertumbuhan Lalu Lintas

Mengacu pada perhitungan pada subbab 5.1.1 maka didapatkan pertumbuhan lalu lintas Jalan Arteri Utara sebesar 2,353 %.

5.3.4 Faktor Pertumbuhan Kumulatif (R)

Nilai R dihitung menggunakan Persamaan 3.15 dengan i setiap jenis kendaraan sebesar 2,353 %.

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i}$$

$$R = \frac{(1+0,01 \times 2,353)^{40}-1}{0,01 \times 2,353}$$

$$R = 65,2471$$

5.3.5 Faktor Distribusi Arah

Faktor distribusi arah disarankan oleh Bina Marga (2017) sebesar 0,5.

5.3.6 Faktor Distribusi Lajur

Faktor distribusi lajur untuk 2 lajur tiap arah mengacu pada Tabel 3.19 didapatkan D_L sebesar 80%.

5.3.7 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif hanya menghitung kendaraan berat (*overload*) sehingga seperti mobil pribadi dan bus kecil dianggap nilainya 0. Perhitungan beban sumbu kumulatif kendaraan selama umur rencana menggunakan cara pada metode Bina Marga 2017 yang dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Beban Sumbu Kumulatif Kendaraan

Golongan Kendaraan	Jenis kendaraan	Jumlah AS per kendaraan	LHR 2017	Kelompok sumbu 2017	DD	DL	R	Jumlah kelompok sumbu 2019-2059
Golongan 5b	Bus Besar	2	676	1352	0,5	0,8	65,2471	1,2879E+07
Golongan 6a	Truk Ringan 2 sumbu	2	1728	3456	0,5	0,8	65,2471	3,2922E+07
Golongan 6b	Truk Sedang 2 sumbu	2	3404	6808	0,5	0,8	65,2471	6,4853E+07
Golongan 7a	Truk 3 sumbu	2	860	1720	0,5	0,8	65,2471	1,6385E+07
Golongan 7b	Truk Gandengan	4	150	600	0,5	0,8	65,2471	5,7156E+06
Golongan 7c	Truk Semi Trailer	3	207	621	0,5	0,8	65,2471	5,9157E+06
Kumulatif kelompok sumbu kendaraan 2019-2059								1,3867E+08

5.3.8 Daya Dukung Efektif Tanah Dasar

CBR pada simpangan bersinyal seturan sebesar 6% yang berarti stabilisasi semen 150 mm diatas material timbunan sesuai pada Tabel 3.23.

5.3.9 Beton Semen

Karakteristik beton semen yang akan digunakan untuk pelat beton untuk jalan arteri uatara yaitu K450 yang memiliki kuat tekan karakteristik 450 kg/cm^2 . Mutu K450 apabila dikonversikan menjadi kuat tekan benda uji silinder maka harus dikalikan dengan 0,83. Mutu K450 setara dengan 37,35 Mpa kuat tekan benda uji silinder.

Jenis perkerasan kaku yang akan dibangun merupakan perkerasan kaku tak bertulang bersambungan. Perkerasan kaku yang direncanakan akan menggunakan sambungan ruji (*dowel*).

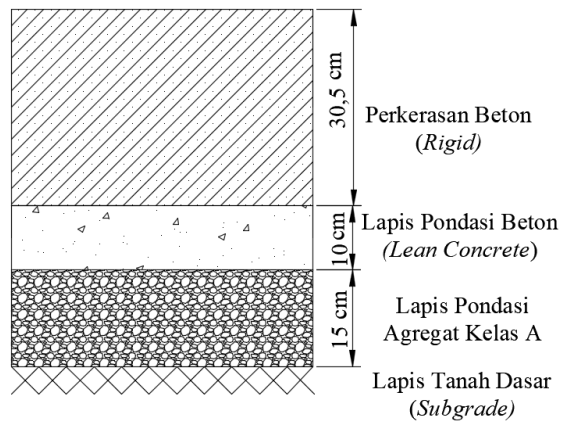
5.3.10 Lapis Fondasi Bawah

Material yang akan digunakan pada lapis pondasi mengacu pada Tabel 3.23 yaitu :

1. Lapis pondasi agregat kelas A dengan tebal 15 cm, dan
2. *Lean concrete* dengan ketebalan 10 cm dengan mutu beton K125.

5.3.11 Penentuan Tebal Pelat Beton

Penentuan tebal pelat beton dapat dilihat pada Tabel 3.23. Penentuan tebal pelat beton berdasarkan jumlah kelompok sumbu tiap jenis kendaraan selama umur rencana. Jumlah beban sumbu standar kumulatif selama umur rencana sebesar $1,3867 \times 10^8$. Maka kelompok sumbu kendaraan termasuk dalam kategori R5, dipilih tebal pelat beton sebesar 305 mm atau 30,5 cm. Tebal perkerasan kaku metode AASHTO 1993 ditunjukkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Tebal Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Bina Marga 2017

5.3.12 Sambungan

Penulangan untuk sambungan dapat memperhatikan beberapa hal sebagai berikut.

1. Tebal pelat = 305 mm
2. Jumlah lajur tiap arah = 2 lajur
3. Panjang setiap segmen lajur = 4 meter
4. Lebar setiap lajur = 3,5 meter
5. Mutu baja tulangan yang direncanakan berdasarkan subbab 3.5.5 dan subbab 3.5.6 sebagai berikut.
 - a. BJTU 24 dengan diameter 16 mm untuk *tie-bar*
 - b. BJTD 40 dengan diameter 36 mm untuk *dowel*

Perhitungan penulangan sambungan yang digunakan untuk perencanaan perkerasan kaku persimpangan bersinyal Seturan sebagai berikut.

1. Perhitungan *tie-bar*

Tie-bar digunakan sebagai batang pengikat pada sambungan memanjang agar mengendalikan retak yang mungkin terjadi pada sambungan memanjang. Ukuran batang dihitung menggunakan Persamaan 3.19.

$$\begin{aligned} I &= (38,3 \times \phi) + 75 \\ &= (38,3 \times 16) + 75 \\ &= 687,8 \text{ mm dibulatkan menjadi } 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tie-bar berjarak antar sambungan memanjang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 3-4 meter. Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 750 mm berdasarkan subbab 3.8.6. Sehingga ukuran *tie-bar* yang digunakan dengan tebal pelat beton 305 mm dengan tulangan ulir berdiameter 16 mm, panjang 700 mm dan jarak antar *tie-bar* 750 mm.

2. *Dowel*

Dowel digunakan sebagai batang pengikat sambungan melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 sampai 5 meter yang harus dilengkapi dengan ruji polos dengan panjang 450 mm dengan jarak ruji 300 mm berdasarkan dari subbab 3.8.6.

Mengacu pada Tabel 3.25 didapatkan diameter ruji 36 mm yang digunakan untuk tebal pelat beton 305 mm.

Gambar untuk penulangan sambungan menggunakan metode Bina Marga 2017 ada pada Lampiran 13.

5.4 Perbedaan Analisis Metode AASHTO 1993 dan Metode Bina Marga 2017

Metode AASHTO didasarkan pada penurunan indeks permukaan karena repetisi beban. Hal ini menunjukkan bahwa parameter umur rencana perkerasan jalan berbanding lurus dengan penurunan indeks pelayanan. Penurunan indeks dalam metode ini didefinisikan dengan nilai PSI (*present serviceability index*).

Pada metode AASHTO, beban lalu lintas campuran dikonversikan menjadi beban standar 18 kips. Nilai repetisi beban sumbu standar selama masa layanan dijadikan nilai beban lalu lintas yang dijadikan acuan dalam desain, yaitu kumulatif jumlah beban 18 kips yang terjadi. Sehingga semakin besar repetisi beban sumbu yang terjadi maka semakin tebal pelat beton yang dibutuhkan.

Bina Marga memiliki Pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 yang digunakan untuk merancang tebal pekerasan. Perencanaan tebal perkerasan dalam metode ini bergantung pada besar dan jumlah kelompok sumbu kendaraan. Pada metode ini, tebal pelat tergantung pada jumlah kelompok beban sumbu kendaraan. Sehingga semakin besar beban kendaraan maka semakin tebal pelat beton yang dibutuhkan. Syarat beban kendaraan berat maksimum sebesar 86×10^6 ton pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017.

Dari hasil perhitungan didapatkan perbedaan ketebalan pelat beton antara metode AASHTO 1993 dan metode Bina Marga 2017. Tebal perkerasan dengan menggunakan metode AASHTO sebesar 13 inchi atau sama dengan 33 cm, sedangkan menggunakan metode Bina Marga 2017 sebesar 30,5 cm. Terdapat perbedaan ketebalan sebesar 2,5 cm, perbedaan ini tidak terlalu besar karena adanya perbedaan konsep perencanaan tebal pelat beton dalam kedua metode tersebut. Perbedaan konsep atau parameter input ditunjukkan pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Perbedaan Parameter AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017

Parameter	AASHTO 1993	Bina Marga 2017
Beban lalu lintas	Nilai beban lalu lintas yang dijadikan acuan adalah repetisi beban sumbu standar 18 kips (ESAL) yang terjadi selama umur rencana	Beban lalu lintas yang digunakan adalah beban sumbu standar kumulatif kendaraan selama umur rencana
Drainase	Terdapat parameter koefisien drainase (C_d)	Kondisi drainase tidak diperhitungkan

Selain dari perbandingan diatas, metode AASHTO memiliki lebih banyak parameter seperti *reliability*, *serviceability*, *standar normal deviation* dan koefisien penyaluran beban yang tidak diperhitungkan menggunakan metode Bina Marga 2017. Maka dari perbedaan parameter input inilah yang menyebabkan perbedaan hasil perhitungan tebal pelat beton dari kedua metode tersebut.