

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data

4.1.1. Data *Overloading*

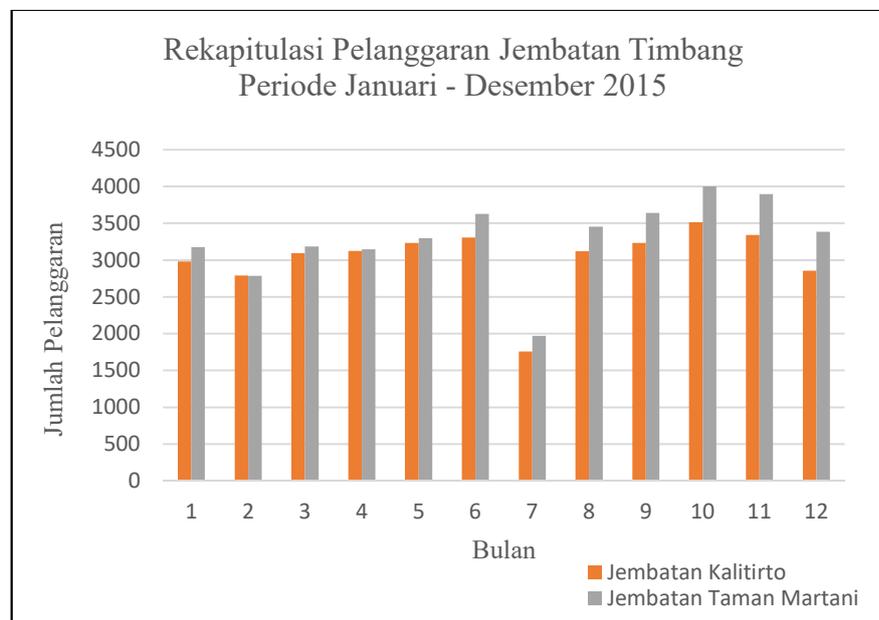
Dari hasil pengumpulan data dan hasil survey yang dilakukan pada Jembatan Timbang dan Dinas Perhubungan didapatkan data mengenai jumlah pelanggaran yang terjadi di kedua Jembatan Timbang yang terdapat di Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 - 15 pada tahun 2015. Jumlah kendaraan yang melanggar dan kendaraan yang tidak melanggar setiap bulan dan total pelanggaran yang terjadi dalam kurun waktu satu tahun pada Jembatan Timbang Kalitirto dan Tamanmartani dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2. Sedangkan diagram jumlah pelanggaran kedua Jembatan Timbang dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Jumlah Pelanggaran Kelebihan Beban (*Overloading*) pada Jembatan Timbang Kalitirto Tahun 2015 (Dishub DIY Bidang Angkutan Darat, 2015)

Bulan	Jumlah Ditimbang	Melanggar	Tidak Melanggar
Januari	18475	2979	15496
Februari	16919	2789	14130
Maret	18798	3095	15703
April	19144	3123	16021
Mei	20224	3233	16991
Juni	19789	3306	16483
Juli	10085	1757	8328
Agustus	19341	3121	16220
September	18942	3232	15710
Oktober	20577	3512	17065
November	19194	3340	15854
Desember	17515	2857	14658
Jumlah	219003	36344	182659

Tabel 4.2 Jumlah Pelanggaran Kelebihan Beban (*Overloading*) pada Jembatan Timbang Tamanmartani Tahun 2015 (Dishub DIY Bidang Angkutan Darat, 2015)

Bulan	Jumlah Ditimbang (Kendaraan)	Melanggar (Kendaraan)	Tidak Melanggar (Kendaraan)
Januari	19221	3175	16046
Februari	17905	2784	15121
Maret	19788	3183	16605
April	18499	3145	15354
Mei	19867	3297	16570
Juni	19614	3629	15985
Juli	10132	1969	8163
Agustus	19335	3453	15882
September	19868	3641	16227
Oktober	21165	3998	17167
November	20301	3894	16407
Desember	19001	3382	15619
Jumlah	224696	39550	185146



Gambar 4.1 Diagram Rekapitulasi Pelanggaran Jembatan Timbang Kalitirto dan Tamanmartani

Berdasarkan diagram rekapitulasi pelanggaran beban (*overloading*) pada Jembatan Timbang Kalitirto dan Jembatan Timbang Tamanmartani diketahui bahwa jumlah pelanggaran *overloading* setiap bulannya di Jembatan Tamanmartani lebih tinggi dibandingkan dengan yang melewati Jembatan Timbang Kalitirto. Dimana total jumlah kendaraan yang melakukan pelanggaran *overloading* yang melewati Jembatan Timbang Kalitirto berjumlah 36.344 kendaraan sedangkan yang melewati Jembatan Tamanmartani berjumlah 39.550 kendaraan. Artinya bahwa jumlah kendaraan *overloading* yang melewati Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 - 15 arah Solo lebih besar dibandingkan dengan yang arah Yogyakarta. Adapun kendaraan bermuatan berlebih (*overloading*) yang melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 - 15 ditampilkan pada Gambar 4.2, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.2 Kendaraan Berat yang diduga Bermuatan Lebih (*Overloading*) yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 - 15



Gambar 4.3 Kendaraan Berat yang diduga Bermuatan Lebih (*Overloading*) yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 - 15



Gambar 4.4 Kendaraan Berat yang diduga Bermuatan Lebih (*Overloading*) yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 - 15

Dari data rekapitulasi pelanggaran yang terjadi pada Jembatan Timbang Kalitirto dan Tamanmartani didapatkan jumlah presentase pelanggaran setiap golongan setiap JBI (jumlah berat diijinkan). Presentase pelanggaran dihitung berdasarkan perbandingan antara total jumlah pelanggaran setiap golongan JBI dan jumlah total pelanggaran kendaraan yang terjadi dalam satu tahun kemudian dikalikan dengan 100 %. Jumlah total kendaraan yang melanggar setiap JBI dapat dilihat pada Tabel 4.3 sedangkan jumlah presentase pelanggaran setiap JBI yang terjadi pada kedua jembatan timbang tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.4. Berdasarkan JBI, golongan kendaraan dibedakan menjadi 4 diantaranya yaitu:

- a. Golongan I, kendaraan barang yang mempunyai berat antara 2000 kg sampai 8000 kg.
- b. Golongan II, kendaraan barang yang mempunyai berat lebih besar dari 8000 kg sampai 14000 kg.
- c. Golongan III, kendaraan barang yang mempunyai berat lebih besar dari 14000 kg sampai 21000 kg.
- d. Golongan IV, kendaraan barang yang mempunyai berat lebih dari 21000 kg.

Tabel 4.3 Jumlah Pelanggaran Setiap Golongan JBI yang Terjadi di Jembatan Timbang Kalitirto dan Tamanmartani (Dishub DIY Bidang Angkutan Darat, 2015)

No.	Golongan	Jembatan Timbang	
		Kalitirto	Tamanmartani
1.	Golongan I	8650	11780
2.	Golongan II	13723	13894
3.	Golongan III	6992	7302
4.	Golongan IV	5564	5871

Tabel 4.4 Presentase Pelanggaran yang Terjadi di Jembatan Timbang Kalitirto dan Tamanmartani

No.	Golongan	Jembatan Timbang		Presentase rerata
		Kalitirto	Tamanmartani	
1.	Golongan I	23.8 %	29.8 %	26.8 %
2.	Golongan II	37.8 %	35.1 %	36.4 %
3.	Golongan III	19.2 %	18.5 %	18.9 %
4.	Golongan IV	15.3 %	14.8 %	15.1 %

Dari Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa presentase pelanggaran rata-rata yang melewati kedua jembatan timbang tersebut untuk golongan I sebesar 26.8 %, golongan II sebesar 36.4 %, golongan III sebesar 18.9 % dan golongan IV sebesar 15.1 %. Presentase yang paling besar melakukan pelanggaran beban (*overloading*) yaitu pada kendaraan golongan II sedangkan presentase paling kecil melakukan pelanggaran *overloading* adalah golongan III.

Berdasarkan hasil survey beban yang telah dilakukan di Jembatan Timbang didapat rata-rata kelebihan beban (*overloading*) pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Rata-rata Kelebihan Beban (*Overloading*) Setiap Golongan JBI

No.	JBI Kendaraan	Rata-rata kelebihan beban (<i>overloading</i>)	Presentase <i>Overloading</i>
1.	JBI < 8 ton	2220 kg	24 %
2.	8 ton ≤ JBI ≤ 14 ton	5079 kg	31 %
3.	14 ton < JBI ≤ 21 ton	14788 kg	35 %
4.	21 ton < JBI ≤ 28 ton	17118 kg	39 %

Dari Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa rata-rata kelebihan beban kendaraan (*overloading*) pada JBI < 8 ton sebesar 2220 kg dengan presentase kelebihan

muatan 24% dari berat yang diijinkan, JBI 8 ton \leq JBI \leq 14 ton sebesar 5079 kg dengan presentase kelebihan muatan 31% dari berat yang diijinkan, JBI 14 ton $<$ JBI \leq 21 ton sebesar 14788 kg dengan presentase kelebihan muatan 35% dari berat yang diijinkan dan JBI 21 ton $<$ JBI \leq 28 ton sebesar 17118 kg dengan presentase kelebihan beban 39% dari beban yang diijinkan. Hal ini artinya semakin besar angka JBI (jumlah berat diijinkan) maka semakin tinggi juga tingkat pelanggaran beban kendaraan (*overloading*) yang dilakukan.

4.1.2. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata digunakan untuk menganalisis pelayanan jalan tersebut. Data lalu lintas harian rata-rata Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 - 15 yang digunakan adalah tahun 2014 – 2018. Data tersebut dapatkan dari Dinas Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun data lalu lintas harian rata-rata selama lima tahun ada pada Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahun 2014 – 2018 Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 - 15 (Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, 2018)

Golongan	Jenis Kendaraan	Volume Lalu Lintas (Kendaraan/Hari)				
		2014	2015	2016	2017	2018
1	Sepeda Motor	66870	91318	98392	91318	99941
2	Sedan/Jeep	19276	29319	32305	29319	35787
3	Angk. Umum Non Bus	760	1532	1014	1532	708
4	Mobil Hantaran	2801	3690	3532	3690	2636
5a	Bus Kecil	353	607	569	607	470
5b	Bus Besar	927	1638	874	1638	1240
6a	Truk 2 As (Kecil)	518	1151	732	1151	514
6b	Truk 2 As (Besar)	2169	2538	1688	2538	1305

Tabel 4.6 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahun 2014 – 2018 Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 – 15 (Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, 2018) (Lanjutan)

Golongan	Jenis Kendaraan	Volume Kendaraan/Hari				
		2014	2015	2016	2017	2018
7a	Truk 3 As	582	690	416	690	484
7b	Truk Gandeng	110	195	44	195	93
7c	Truk Trailer	91	118	53	118	64
8	Kendaraan Tak Bermotor	868	973	862	973	517
	Jumlah	95325	133769	140481	133769	143759

Selain data lalu lintas harian rata-rata yang didapatkan dari Dinas Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (PPJN) diatas, dalam penelitian ini juga didapatkan data lalu lintas harian rata-rata aktual yang didapatkan dari hasil survey. Survey lalu lintas harian rata-rata dilakukan di Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 – 15 baik jalur yang mengarah ke Solo maupun Yogyakarta selama 3 x 12 jam dalam interval waktu 15 menit yaitu dari pukul 07.00 sampai dengan pukul 19.00 WIB. Adapun hasil survey lalu lintas harian rata-rata pada Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 – 15 seperti pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Data Hasil Survey Lalu Lintas Harian Rata-rata di Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 – 15

No.	Jenis Kendaraan	Volume Kendaraan (Kendaraan/hari)
1.	Sepeda Motor	58063
2.	Sedan	33977
3.	Mobil Hantaran	2097
4.	Angkutan Non Bus	282
5.	Bus Sedang	378
6.	Bus Besar	694
7.	Truk Sedang	1702
8.	Truk Besar	809
9.	Truk Gandeng	68
10.	Truk Trailer	79

4.1.3. Angka Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Perkiraan pertumbuhan lalu lintas Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 -15 didasarkan pada jumlah volume lalu lintas yang melewati jalan tersebut setiap tahunnya. Dimana LHR tersebut selanjutnya dikelompokkan menurut jenis kendaraan untuk jalan perkotaan seperti Tabel 4.8. Untuk menentukan angka pertumbuhan lalu lintas, pada penelitian ini menggunakan dua macam metode yaitu Metode Eksponensial dan Metode Regresi Linier.

Tabel 4.8 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 -15 Berdasarkan Jenis Kendaraan (smp)

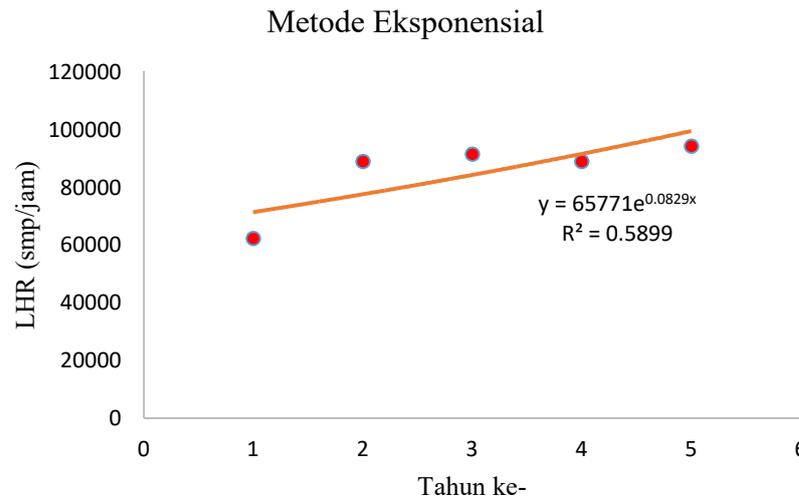
Jenis Kendaraan	emp	Volume Lalu Lintas (smp/hari)				
		2014	2015	2016	2017	2018
Kendaraan Ringan (LV)	1	23190	35148	37420	35148	39601
Kendaraan Berat Menengah (MHV)	1.3	5716	8229	4949	8229	49971
Sepeda Motor (MC)	0.5	33435	45659	49196	45659	49971
Jumlah		62341	89036	91565	89036	94382

a. Metode Eksponensial

Dengan menggunakan data lalu lintas harian rata-rata Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 – 15 dari tahun 2014 sampai 2018 yang sebelumnya telah dikelompokkan berdasarkan jenis kendaraan dalam satuan smp/hari. Angka pertumbuhan lalu lintas metode eksponensial dapat ditentukan berdasarkan LHRT, LHR_0 dan umur rencana (n) ditampilkan dalam bentuk Tabel 4.9 serta hubungan antara LHR dan tahun ke-n dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Tabel 4.9 Perhitungan Angka Pertumbuhan Lalu Lintas Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 -15 dengan Metode Eksponensial

No.	Tahun	LHR	LHR_0 (smp/jam)	LHRT (smp/jam)	N	i (%)
1.	2014	62341	-	-		
2.	2015	89036	26695	89036	1	3.61
3.	2016	91565	2529	91565	2	5.93
4.	2017	89036	-2529	89036	3	-3.31
5.	2018	94382	5346	94382	4	2.02
Angka Pertumbuhan Lalu Lintas (%)						8.26



Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara LHR dan Tahun dengan Metode Eksponensial

Dari hasil perhitungan angka pertumbuhan dengan metode eksponensial diatas didapatkan nilai angka pertumbuhan lalu lintas sebesar 8.26 %. Nilai tersebut didapatkan dari penjumlahan angka pertumbuhan lalu lintas (i) dari tahun 2014 sampai dengan 2018.

b. Metode Regresi Linier

Metode regresi linier adalah salah satu metode penyelidikan data dan statistik yang dapat digunakan untuk memperkirakan angka pertumbuhan lalu lintas. Analisis yang digunakan untuk memperkirakan angka pertumbuhan lalu lintas pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan data LHR Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 -15 pada tahun 2014 sampai 2018. Pehitungan angka pertumbuhan lalu lintas dengan metode regresi linier serta hubungan antara LHR dan tahun ke-n ditampilkan pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.10 Perhitungan Angka Pertumbuhan Lalu Lintas Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 -15 dengan Metode Regresi Linier

Tahun	X	LHR (Y)	$\dot{X}=X-X_r$	$\bar{Y}=Y-Y_r$	\dot{X}^2	$\dot{X} \cdot \bar{Y}$
2014	1	62341	-2	-22931	4	45862
2015	2	89036	-1	3764	1	-3764
2016	3	91565	0	6293	0	0

Tabel 4.10 Perhitungan Angka Pertumbuhan Lalu Lintas Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 9 -15 dengan Metode Regresi Linier (Lanjutan)

Tahun	X	LHR (Y)	$\dot{X}=X-X_r$	$\bar{Y}=Y-Y_r$	\dot{X}^2	$\dot{X} \cdot \bar{Y}$
2017	4	89036	1	3764	1	3764
2018	5	94382	2	9110	4	18219
Σ	15	426360	0	0	10	64081

$$X_r = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{15}{5} = 3$$

$$Y_r = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{426360}{5} = 85272$$

$$\Sigma Y = n \cdot a + b \cdot \Sigma \dot{X}$$

$$426360 = 5 \cdot a + b \cdot 0$$

$$a = \frac{426360}{5}$$

$$a = 85272$$

$$\Sigma \dot{X} \cdot \bar{Y} = a \cdot \Sigma \dot{X} + b \cdot \Sigma \dot{X}^2$$

$$64081 = a \cdot 0 + b \cdot 10$$

$$b = \frac{64081}{10}$$

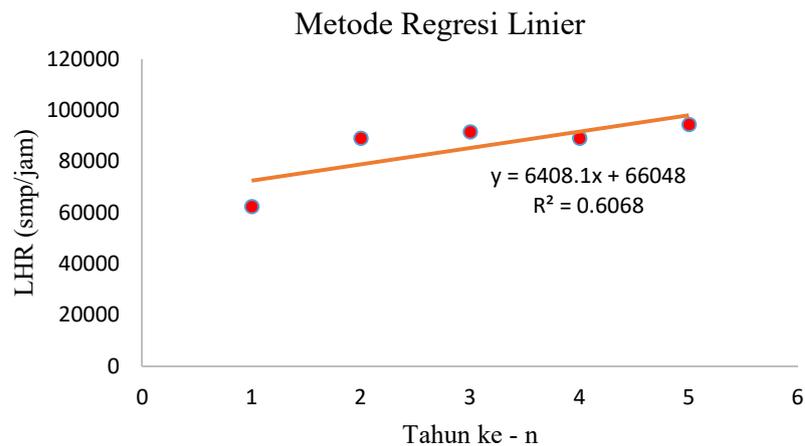
$$b = 6408.1$$

Angka pertumbuhan Lalu Lintas (i)

$$i = \frac{b}{a} \times 100\%$$

$$i = \frac{64081}{10} \times 100\%$$

$$= 7.51 \%$$



Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara LHR dan Tahun dengan Metode Regresi Linier

Dari hasil perhitungan dengan metode regresi linier diatas didapatkan angka pertumbuhan lalu lintas sebesar 7.51 %. Kemudian dari kedua metode tersebut diambil angka pertumbuhan lalu lintas adalah metode regresi linier yaitu 7.51 %. Karena metode regresi linier dirasa lebih akurat dibandingkan menggunakan metode eksponensial.

4.1.4. Angka Ekuivalen Kendaraan

Angka ekuivalen merupakan suatu angka yang menyatakan perbandingan terhadap tingkat kerusakan pada perkerasan jalan yang diakibatkan oleh lintasan beban sumbu tunggal kendaraan oleh satu lintasan beban standar tunggal sebesar 8,16 ton, oleh Departemen Pekerjaan Umum (2002). Adapaun perhitungan angka ekuivalen kendaraan untuk beban standar dan beban *overloading* adalah sebagai berikut ini.

a. Angka Ekuivalen Kendaraan Strandar

1) Kendaraan golongan 2 (Mobil Penumpang)

Berat total = 2000 kg

Distribusi beban sumbu depan 50% dan belakang 50%

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{50\% \times 2000}{8160} \right]^4 + \left[\frac{50\% \times 2000}{8160} \right]^4 \\
 &= 0.00023 + 0.00023 \\
 &= 0.00046
 \end{aligned}$$

- 2) Kendaraan golongan 3 (Mobil Pickup, Mobil Box, Mobil Hantaran)

Berat total = 3500 kg

Distribusi beban sumbu depan 50% dan belakang 50%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{50\% \times 3500}{8160} \right]^4 + \left[\frac{50\% \times 3500}{8160} \right]^4 \\ &= 0.0021 + 0.0021 \\ &= 0.0042 \end{aligned}$$

- 3) Kendaraan golongan 4 (Angkutan Non Bus)

Berat total = 5000 kg

Distribusi beban sumbu depan 50% dan belakang 50%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{50\% \times 5000}{8160} \right]^4 + \left[\frac{50\% \times 5000}{8160} \right]^4 \\ &= 0.0088 + 0.0088 \\ &= 0.0176 \end{aligned}$$

- 4) Kendaraan golongan 5a (Bus Sedang)

Berat total = 6000 kg

Distribusi beban sumbu depan 34% dan belakang 66%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{34\% \times 6000}{8160} \right]^4 + \left[\frac{66\% \times 6000}{8160} \right]^4 \\ &= 0.0039 + 0.0477 \\ &= 0.08673 \end{aligned}$$

- 5) Kendaraan Golongan 5b (Bus besar)

Berat total = 9000 kg

Distribusi beban sumbu depan 34% dan belakang 66%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{34\% \times 9000}{8160} \right]^4 + \left[\frac{66\% \times 9000}{8160} \right]^4 \times 0.086 \\ &= 0.0198 + 0.0241 \\ &= 0.0439 \end{aligned}$$

- 6) Kendaraan Golongan 6b (Truk Sedang 2 As)

Berat total = 18200 kg

Distribusi beban sumbu depan 34% dan belakang 66%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{34\% \times 18200}{8160} \right]^4 + \left[\frac{66\% \times 18200}{8160} \right]^4 \times 0.086 \\ &= 0.3307 + 0.4038 \end{aligned}$$

$$= 0.7345$$

7) Kendaraan Golongan 7a (Truk Besar 3 As)

Berat total = 25000 kg

Distribusi beban sumbu depan 25% , belakang 37.5% dan belakang 37.5%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{25\% \times 25000}{8160} \right]^4 + \left[\frac{37.5\% \times 25000}{8160} \right]^4 \times 0.086 + \\ &\quad \left[\frac{37.5\% \times 25000}{8160} \right]^4 \times 0.086 \\ &= 0.3442 + 0.1498 + 0.1498 \\ &= 0.6438 \end{aligned}$$

8) Kendaraan Golongan 7b (Truk Gandeng)

Berat total = 31400 kg

Distribusi beban sumbu depan 18% , belakang 28%, belakang 27% dan belakang 27%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{18\% \times 31400}{8160} \right]^4 + \left[\frac{28\% \times 31400}{8160} \right]^4 \times 0.086 + \left[\frac{27\% \times 31400}{8160} \right]^4 \times \\ &\quad 0.086 + \left[\frac{27\% \times 31400}{8160} \right]^4 \times 0.086 \\ &= 0.2302 + 0.1159 + 0.1002 + 0.1002 \\ &= 0.5465 \end{aligned}$$

9) Kendaraan Golongan 7c (Truk Trailer)

Berat total = 42000 kg

Distribusi beban sumbu depan 18% , belakang 28%, belakang 27% dan belakang 27%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{18\% \times 42000}{8160} \right]^4 + \left[\frac{28\% \times 42000}{8160} \right]^4 \times 0.086 + \left[\frac{27\% \times 42000}{8160} \right]^4 \times \\ &\quad 0.086 + \left[\frac{27\% \times 42000}{8160} \right]^4 \times 0.086 \\ &= 0.7368 + 0.3710 + 0.3208 + 0.3208 \\ &= 1.7494 \end{aligned}$$

b. Angka Ekuivalen Kendaraan *Overloading*

1. Kendaraan golongan 3 (Mobil Pickup, Mobil Box, Mobil Hantaran)

$$\text{Berat total} = 3500 + 2220 = 5720 \text{ kg}$$

Distribusi beban sumbu depan 50% dan belakang 50%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{50\% \times 5720}{8160} \right]^4 + \left[\frac{50\% \times 5720}{8160} \right]^4 \\ &= 0.01509 + 0.01509 \\ &= 0.03018 \end{aligned}$$

2. Kendaraan Golongan 6b (Truk Sedang 2 As)

$$\text{Berat total} = 18200 + 5079 = 23279 \text{ kg}$$

Distribusi beban sumbu depan 34% dan belakang 66%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{34\% \times 23279}{8160} \right]^4 + \left[\frac{66\% \times 23279}{8160} \right]^4 \times 0.086 \\ &= 0.88514 + 0.08086 \\ &= 1.96601 \end{aligned}$$

3. Kendaraan Golongan 7a (Truk Besar 3 As)

$$\text{Berat total} = 25000 + 14788 = 39788 \text{ kg}$$

Distribusi beban sumbu depan 25% , belakang 37.5% dan belakang
37.5%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{25\% \times 39788}{8160} \right]^4 + \left[\frac{37.5\% \times 39788}{8160} \right]^4 \times 0.086 + \left[\frac{37.5\% \times 39788}{8160} \right]^4 \times \\ &0.086 \\ &= 2.20804 + 0.96133 + 0.96133 \\ &= 4.13069 \end{aligned}$$

4. Kendaraan Golongan 7b (Truk Gandeng)

$$\text{Berat total} = 31400 + 17118 = 48518 \text{ kg}$$

Distribusi beban sumbu depan 18% , belakang 28%, belakang 27%
dan belakang 27%

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{18\% \times 48518}{8160} \right]^4 + \left[\frac{28\% \times 48518}{8160} \right]^4 \times 0.086 + \left[\frac{27\% \times 48518}{8160} \right]^4 \times \\ &0.086 + \left[\frac{27\% \times 48518}{8160} \right]^4 \times 0.086 \\ &= 1.31202 + 0.66066 + 0.57122 + 0.57122 \\ &= 3.11512 \end{aligned}$$

4.1.5. Faktor Hubungan Umur Rencana dan Perkembangan Lalu Lintas (N)

Faktor dari umur rencana dan perkembangan lalu lintas dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.7 dengan contoh perhitungan proyeksi untuk tahun ke-n adalah 20 tahun. Sedangkan untuk faktor perkembangan lalu lintas yang digunakan sebesar 0.075. Adapun perhitungan faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas (N) untuk umur rencana 20 tahun adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N &= \frac{1}{2} \left[1 + (1 + r)n + 2 (1 + r) \frac{(1+r)^{n-1} - 1}{r} \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[1 + (1 + r)20 + 2 (1 + 0.075) \frac{(1+r)^{20-1} - 1}{0.075} \right] \\ &= 44.9286 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas didapatkan nilai N untuk proyeksi umur 20 tahun adalah 44.9286. Dimana semakin tinggi nilai n maka semakin besar juga nilai faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas.

4.1.6. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Pada umumnya nilai koefisien distribusi kendaraan yang digunakan adalah 0,5. Terdapat pengecualian untuk beberapa kasus dimana kendaraan berat cenderung menuju pada satu arah tertentu. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan bahwa nilai koefisien distribusi kendaraan bervariasi antara 0,3 sampai dengan 0,7 tergantung oleh arah mana yang lebih berat dan kosong. Jadi nilai koefisien distribusi kendaraan (C) yang digunakan untuk perhitungan adalah 0.5.

4.1.7. Nilai CESA standar dan CESA *overloading*

Beban akibat lalu lintas dapat dihitung berdasarkan angka ekuivalen terhadap muatan sumbu standar dan *overloading*. Untuk menentukan akumulasi pada beban sumbu lalu lintas selama umur rencana, dapat ditentukan dengan rumus CESA (*Commulative Equivalent Standard Axle*) pada persamaan 2.6. Adapun contoh perhitungan untuk nilai CESA standar dan *overloading* pada 20 tahun adalah sebagai berikut ini.

a. CESA beban standar

Perhitungan nilai CESA standar untuk proyeksi umur 20 tahun ditampilkan pada Tabel 4.11 di bawah ini

Tabel 4.11 Perhitungan Nilai CESA Standar untuk Proyeksi Umur 20 Tahun

No.	Golongan Kendaraan	LHR	Ekivalen	C	N	ESAL
1	Golongan 2	33977	0.00045	0.5	44.93	125672.5
2	Golongan 3	2097	0.00423	0.5	44.93	72745.4
3	Golongan 4	282	0.01762	0.5	44.93	40744.1
4	Golongan 5a	378	0.00868	0.5	44.93	26891.2
5	Golongan 5b	694	0.04392	0.5	44.93	249943.9
6	Golongan 6b	1702	0.73454	0.5	44.93	10250808
7	Golongan 7a	809	0.64384	0.5	44.93	4270802.9
8	Golongan 7b	68	0.54649	0.5	44.93	304703.8
9	Golongan 7c	79	1.74929	0.5	44.93	1133116.6
Jumlah nilai CESA						16475428.1

b. CESA beban *overloading*

Perhitungan nilai CESA *overloading* untuk proyeksi umur 20 tahun ditampilkan pada Tabel 4.12 di bawah ini

Tabel 4.12 Perhitungan Nilai CESA Standar untuk Proyeksi Umur 20 Tahun

No	Golongan Kendaraan	Presentase (%)	LHR	LHR *)	Ekivalen	C	N	ESAL
1	Golongan 2	100%	33977	33977	0.000451	0.5	44.9	125672.5
2	Golongan 3	26.8%	2097	562	0.030181	0.5	44.9	139076.1
		73.2%		1535	0.004231			53249.7
3	Golongan 4	100%	282	282	0.017621	0.5	44.9	40744.1
4	Golongan 5a	100%	378	378	0.008676	0.5	44.9	26891.2
5	Golongan 5b	100%	694	694	0.043924	0.5	44.9	249943.9
6	Golongan 6b	36%	1702	620	1.966004	0.5	44.9	9986911.4
		64%		1082	0.734535			6519513.7
7	Golongan 7a	18.9%	809	153	4.130699	0.5	44.9	5178687.9
		81.1%		656	0.643836			3463621.2
8	Golongan 7b	15.1%	68	10	3.115129	0.5	44.9	262269.5
		84.9%		58	0.546491			258693.5
9	Golongan 7c	100%	79	79	1.74929	0.5	44.9	1133116.6
Jumlah nilai CESA								27438391

Keterangan: *) LHR terkoreksi

Dari hasil perhitungan CESA dengan umur proyeksi 20 tahun didapatkan untuk akumulasi CESA dengan beban standar sebesar 16475428.1 ESAL dan

CESA dengan beban *overloading* sebesar 27438391 ESAL. Selisih kedua hasil perhitungan CESA tersebut adalah 16475428 ESAL. Dari kedua perhitungan tersebut terjadi selisih nilai CESA yang cukup besar yang mana nantinya akan berdampak pada berkurangnya umur rencana pada perkerasan jalan.

4.1.8. Penurunan Umur Rencana

Berdasarkan hasil perhitungan CESA beban standar dan beban *overloading* diatas didapatkan hasil bahwa nilai CESA beban *overloading* lebih besar jika dibandingkan dengan nilai CESA beban standar. Hal inilah yang nantinya dapat mempengaruhi umur layanan pada perkerasan jalan. Untuk contoh perhitungan pengurangan umur rencana adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Sisa Umur Rencana} &= \frac{\text{Akumulasi CESA Beban Standar}}{\text{Akumulasi CESA Beban Overloading}} \times \text{Umur Rencana} \\ &= \frac{16475428 \text{ ESAL}}{27438391 \text{ ESAL}} \times 20 \text{ tahun} \\ &= 12 \text{ Tahun} \end{aligned}$$

$$\text{Penurunan Umur Layan} = 20 \text{ tahun} - 12 \text{ tahun} = 8 \text{ Tahun}$$

Dari perhitungan sisa umur rencana dan penurunan umur layan untuk proyeksi umur 20 tahun didapatkan sisa umur rencana sebesar 12 tahun dan penurunan umur layan sebesar 8 tahun.

4.1.9. Hasil Survey Kecepatan Kendaraan

Dari hasil survey kecepatan kendaraan yang dilakukan selama 6 jam pada pukul 09.00 sampai 15.00 dengan interval waktu 15 menit di kedua arah Ruas Jalan Raya Yogyakarta – Solo KM 11,5 – 13 didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.13, Tabel 4.14, Tabel 4.15 dan Tabel 4.16. Sedangkan grafik hubungan kecepatan dan waktu ditampilkan pada Gambar 4.7, Gambar 4.8, Gambar 4.9, Gambar 4.10, Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.

Tabel 4.13 Hasil Survey Kecepatan Kendaraan yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 arah Solo

Waktu	Kecepatan Tiap Jenis Kendaraan (Km/Jam)				
	Trailer	Truk Gandeng	Truk besar	Truk Sedang	Bus Besar
09.00 - 10.00	38.025	39.879	34.590	59.699	74.956
10.00 - 11.00	40.710	33.935	50.189	47.929	64.567
11.00 - 12.00	40.146	25.621	34.536	43.005	44.837
12.00 - 13.00	29.414	29.970	35.666	44.314	45.593
13.00 - 14.00	29.119	34.588	37.954	44.421	47.687
14.00 - 15.00	28.696	32.144	44.506	48.895	40.981

Tabel 4.14 Hasil Survey Kecepatan Kendaraan yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 arah Solo

Waktu	Kecepatan Tiap Jenis Kendaraan (Km/Jam)				
	Bus Sedang	Angkot	Pick Up	Sedan, kijang	Sepeda Motor
09.00 - 10.00	63.551	62.517	57.546	54.237	57.153
10.00 - 11.00	59.784	63.839	68.447	70.966	98.983
11.00 - 12.00	49.553	40.924	50.784	60.228	83.054
12.00 - 13.00	49.296	41.065	36.504	55.433	64.764
13.00 - 14.00	45.307	42.589	48.358	55.016	81.508
14.00 - 15.00	53.480	54.429	62.734	63.753	68.661

Tabel 4.15 Hasil Survey Kecepatan Kendaraan yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 arah Yogyakarta

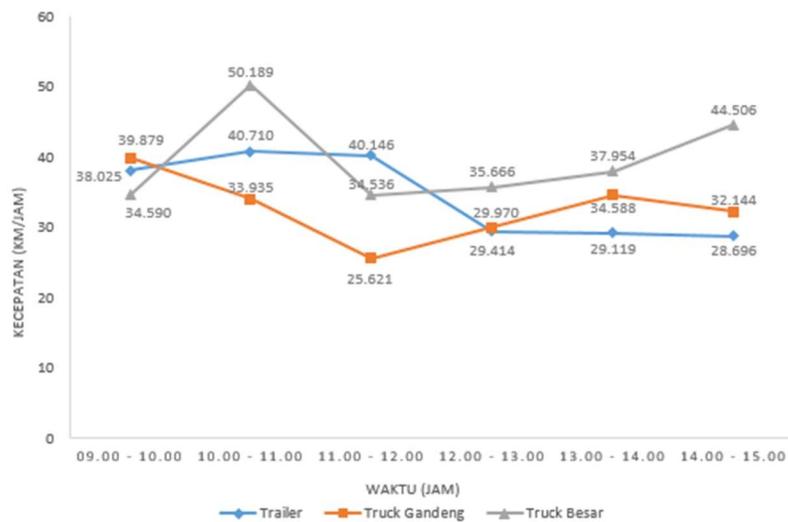
Waktu	Kecepatan Tiap Jenis Kendaraan (Km/Jam)				
	Trailer	Truk Gandeng	Truk besar	Truk Sedang	Bus Besar
09.00 - 10.00	40.998	20.900	27.089	36.741	45.033
10.00 - 11.00	26.192	20.889	28.276	37.768	42.969
11.00 - 12.00	40.146	25.621	34.536	43.005	44.837
12.00 - 13.00	29.414	29.970	35.666	44.314	45.593
13.00 - 14.00	29.119	34.588	37.954	44.421	47.687
14.00 - 15.00	28.696	32.144	44.506	48.895	40.981

Tabel 4.16 Hasil Survey Kecepatan Kendaraan yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 arah Yogyakarta

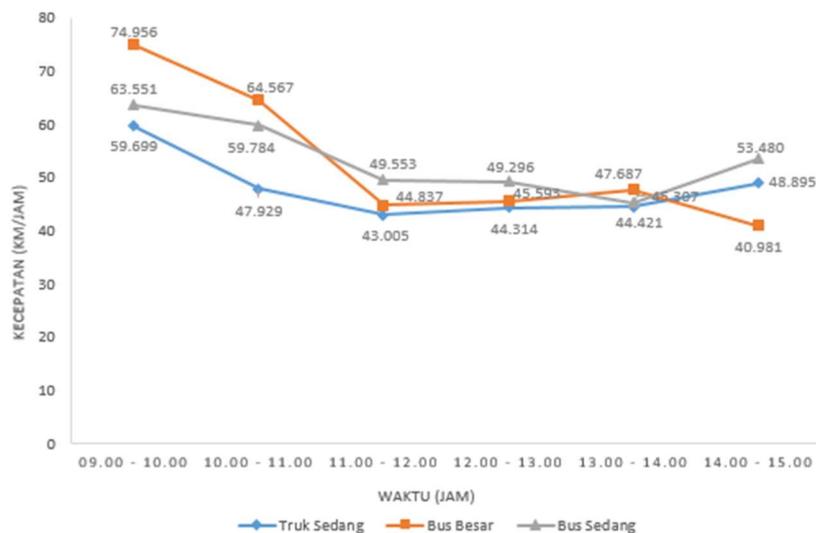
Waktu	Kecepatan Tiap Jenis Kendaraan (Km/Jam)				
	Bus Sedang	Angkot	Pick Up	Sedan, kijang	Sepeda Motor
09.00 - 10.00	42.061	47.224	43.276	61.929	67.892
10.00 - 11.00	45.707	45.123	48.775	69.907	76.714
11.00 - 12.00	49.553	40.924	50.784	60.228	83.054

Tabel 4.16 Hasil Survey Kecepatan Kendaraan yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 arah Yogyakarta

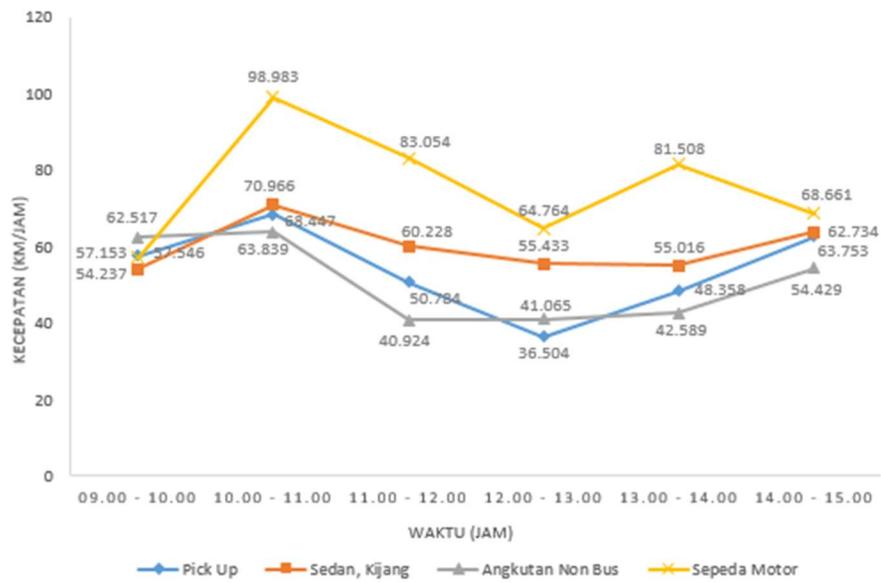
Waktu	Kecepatan Tiap Jenis Kendaraan (Km/Jam)				
	Bus Sedang	Angkot	Pick Up	Sedan, kijang	Sepeda Motor
12.00 - 13.00	49.296	41.065	36.504	55.433	64.764
13.00 - 14.00	45.307	42.589	48.358	55.016	81.508
14.00 - 15.00	53.480	54.429	62.734	63.753	68.661



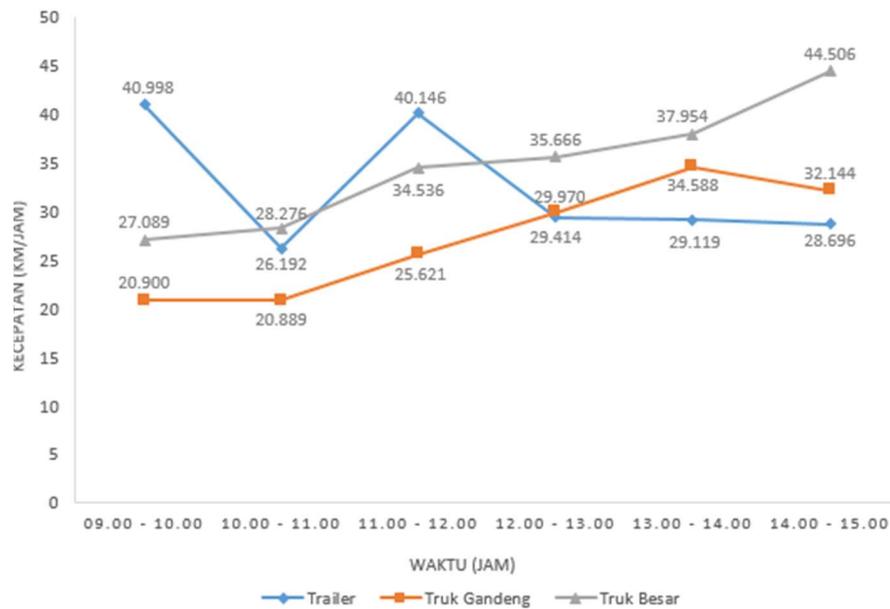
Gambar 4.7 Grafik Kecepatan Kendaraan Truk Trailer, Truk Gandeng dan Truk Besar yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 arah Solo



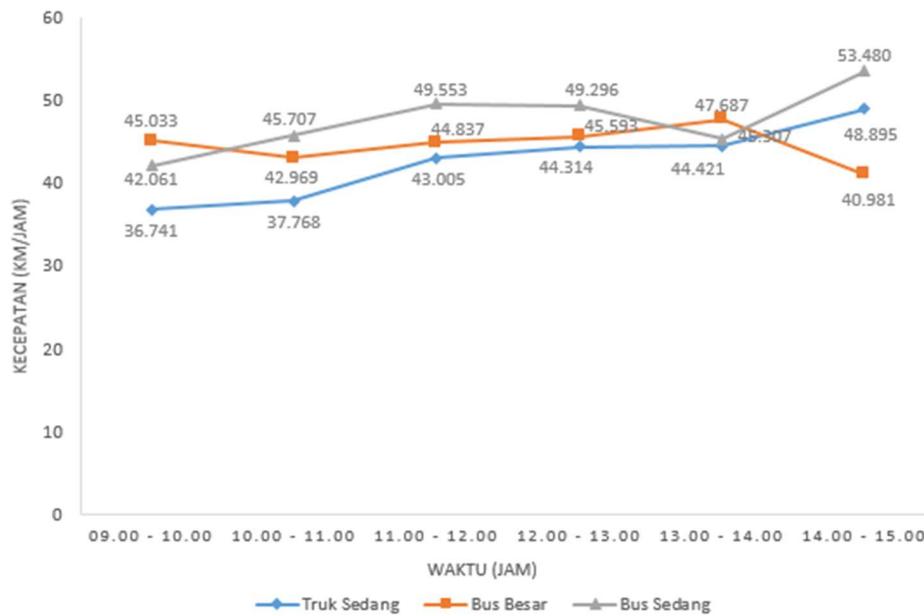
Gambar 4.8 Grafik Kecepatan Kendaraan Truk Sedang, Bus Besar dan Bus Sedang yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 arah Solo



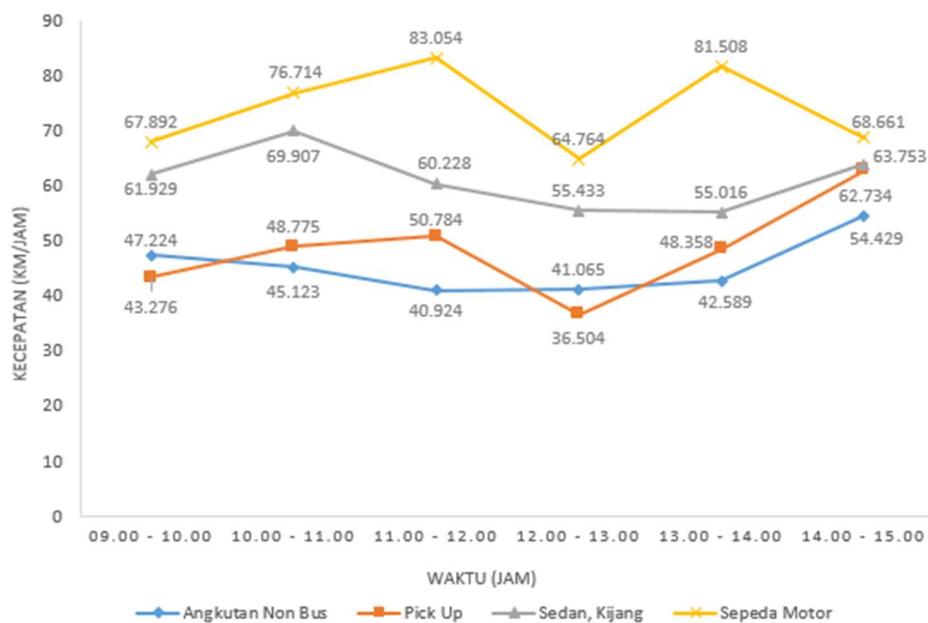
Gambar 4.9 Grafik Kecepatan Kendaraan Pick Up, Sedan, Angkutan Non Bus dan Sepeda Motor yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 arah Solo



Gambar 4.10 Grafik Kecepatan Kendaraan Truk Trailer, Truk Gandeng dan Truk Besar yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 arah Yogyakarta



Gambar 4.11 Grafik Kecepatan Kendaraan Truk Sedang, Bus Besar dan Bus Sedang yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 arah Yogyakarta



Gambar 4.12 Grafik Kecepatan Kendaraan Pick Up, Sedan, Angkutan Non Bus dan Sepeda Motor yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 arah Solo

Dari grafik hubungan antara kecepatan dan waktu kendaraan dapat dilihat bahwa kecepatan puncak kendaraan pada kedua arah Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 bereba-beda tergantung dengan waktu. Pada arah Solo kecepatan kendaraan untuk truk trailer kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan 40.710 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan 28.696 km/jam. Truk gandeng kecepatan puncak terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 dengan kecepatan 39.879 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 11.00 – 12.00 yaitu dengan kecepatan 25.621 km/jam. Truk Besar kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan 50.289 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 yaitu 34.536 km/jam. Truk sedang kecepatan puncak terjadi pada pukul 09.00 - 10.00 dengan kecepatan 59.699 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 11.00 – 11.00 dengan kecepatan 43.005 km/jam. Bus besar kecepatan puncak terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 dengan kecepatan 74.956 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan 40.981 km/jam. Bus sedang kecepatan puncak terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 dengan kecepatan 63.551 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 13.00 – 14.00 dengan kecepatan 45.307 km/jam. Mobil Pick Up kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan 68.447 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 12.00 – 13.00 dengan kecepatan 36.504 km/jam. Sedan atau kijang kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan 70.966 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 13.00 – 14.00 dengan kecepatan 55.016 km/jam. Angkutan non bus kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan 63.839 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 11.00 – 12.00 dengan kecepatan 40.924 km/jam. Sedangkan untuk sepeda motor kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan 98.983 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 12.00 – 13.00 dengan kecepatan 64.764 km/jam.

Sedangkan dari grafik hubungan antara kecepatan dan waktu kendaraan pada arah Yogyakarta kecepatan kendaraan untuk truk trailer kecepatan puncak terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 dengan kecepatan 40.998 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan 26.192 km/jam. Truk gandeng

kecepatan puncak terjadi pada pukul 13.00 – 14.00 dengan kecepatan 34.588 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 yaitu dengan kecepatan 20.889 km/jam. Truk Besar kecepatan puncak terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan 44.506 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 yaitu 27.089 km/jam. Truk sedang kecepatan puncak terjadi pada pukul 14.00 - 15.00 dengan kecepatan 48.895 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 09.00 - 10.00 dengan kecepatan 36.741 km/jam. Bus besar kecepatan puncak terjadi pada pukul 13.00 – 14.00 dengan kecepatan 47.687 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan 40.981 km/jam. Bus sedang kecepatan puncak terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan 53.480 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 dengan kecepatan 42.061 km/jam. Mobil Pick Up kecepatan puncak terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan 62.734 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 12.00 – 13.00 dengan kecepatan 36.504 km/jam. Sedan atau kijang kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan 69.907 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 13.00 – 14.00 dengan kecepatan 55.016 km/jam. Angkutan non bus kecepatan puncak terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan 54.429 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 11.00 – 12.00 dengan kecepatan 40.924 km/jam. Sedangkan untuk sepeda motor kecepatan puncak terjadi pada pukul 11.00 – 12.00 dengan kecepatan 83.054 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 12.00 – 13.00 dengan kecepatan 64.764 km/jam.

Dari hasil survey kecepatan pada Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13 baik yang mengarah ke Solo maupun ke Yogyakarta, bahwa cepat atau lambatnya kecepatan kendaraan yang melintas dipengaruhi oleh kepadatan lalu lintas pada waktu tertentu dan juga muatan kendaraan tersebut. Jadi pada waktu lalu lintas padat maka akan menyebabkan kecepatan kendaraan menjadi rendah sedangkan kendaraan yang membawa muatan berat akan menyebabkan kecepatan menjadi rendah pula. Semakin rendah kecepatan kendaraan maka akan menyebabkan semakin lamanya pembebanan yang dialami oleh perkerasan jalan.

4.1.10. Pengaruh Beban Terhadap Kinerja Tebal Perkerasan

Berdasarkan hasil analisis pengurangan umur rencana yang disebabkan oleh beban berlebih (*overloading*) pada Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13, diketahui bahwa terjadi penurunan umur dari umur rencana yang telah ditentukan. Dalam perhitungan pengaruh beban terhadap kinerja ketebalan perkerasan ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja tebal perkerasan yang diakibatkan oleh adanya pembebanan normal dan pembebanan akibat *overloading*. Dalam analisis ini diperlukan adanya data-data pendukung mengenai susunan perkerasan lama Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta KM 11,5 – 13, adapun data pendukung tersebut ditampilkan dalam Tabel 4.17 berikut ini.

Tabel 4.17 Kondisi Susunan Lapisan Perkerasan Lama Ruas Jalan Raya Yogyakarta – Solo KM 9 -15 (Dinas Pekerjaan Umum DIY dalam Jumadi & Salim, 1999)

Uraian	Material dan Ketebalan
Lapisan Permukaan	AC setebal 4 cm dan ATB setebal 5 cm
Lapisan Pondasi Atas	Agregat kelas A setebal 20 cm
Lapisan Pondasi Bawah	Agregat kelas B setebal 30 cm
CBR Tanah Dasar	CBR 5,4 %

Selain data pendukung tentang kondisi susunan perkerasan lama, dalam perhitungan analisis mengenai pengaruh beban terhadap ketebalan perkerasan juga diperlukan parameter-parameter sebagai berikut ini.

a. CBR Tanah Dasar

Nilai CBR yang digunakan dalam perhitungan adalah 5.4 %. Penggunaan nilai CBR tersebut didasarkan pada kondisi susunan lapisan perkerasan lama pada Tabel 4.17.

c. Koefisien Kekuatan relatif (a)

Nilai kekuatan relatif (a) pada analisis perhitungan tebal perkerasan didapatkan dari metode yang sudah digunakan, adapun nilai koefisien relatif tersebut adalah sebagai berikut ini.

$$a_1 = 0.40$$

$$a_2 = 0.14$$

$$a_3 = 0.12$$

b. Modulus Resilien (M_R)

Berdasarkan nilai CBR tanah dasar, maka modulus resilien tanah dasar dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} M_R (\text{psi}) &= 1500 \times \text{CBR} \\ &= 1500 \times 5.4 \\ &= 8100 \text{ psi} \end{aligned}$$

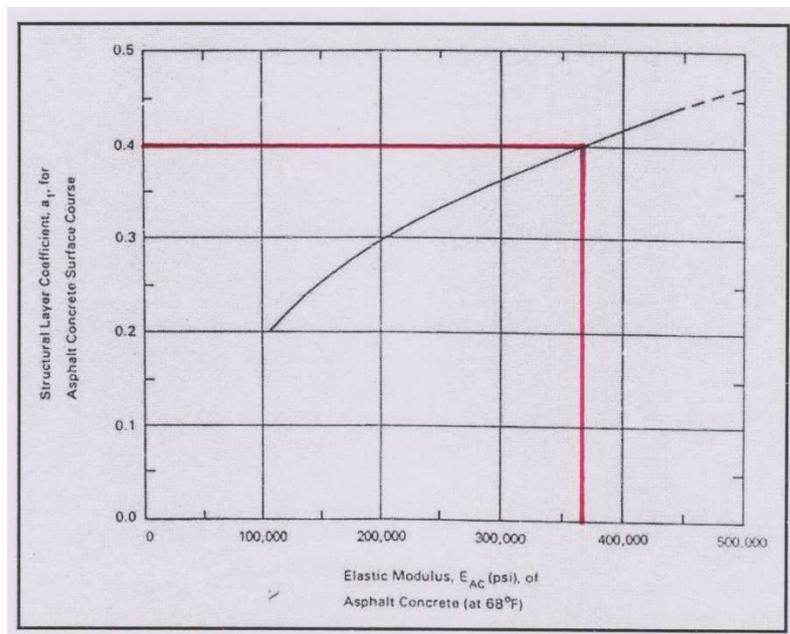
c. Modulus Elastisitas (E)

Nilai modulus elastisitas untuk lapisan permukaan, lapisan pondasi atas granular dan lapisan pondasi bawah granular ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 4.13, 4.14 dan 4.15. Sehingga didapatkan nilai modulus elastisitas sebagai berikut ini.

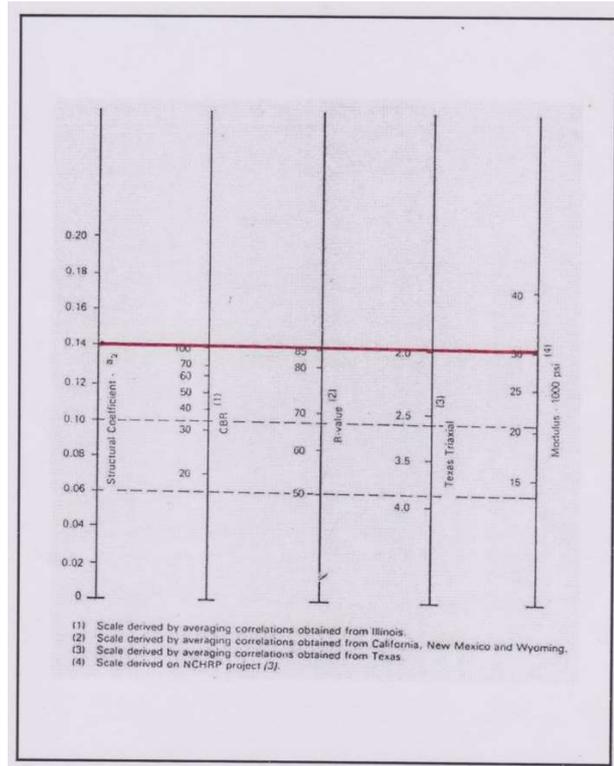
$$\text{Modulus elastisitas aspal beton } (E_{AC}) = 370000 \text{ psi}$$

$$\text{Modulus elastisitas pondasi atas granular } (E_{BS}) = 30000 \text{ psi}$$

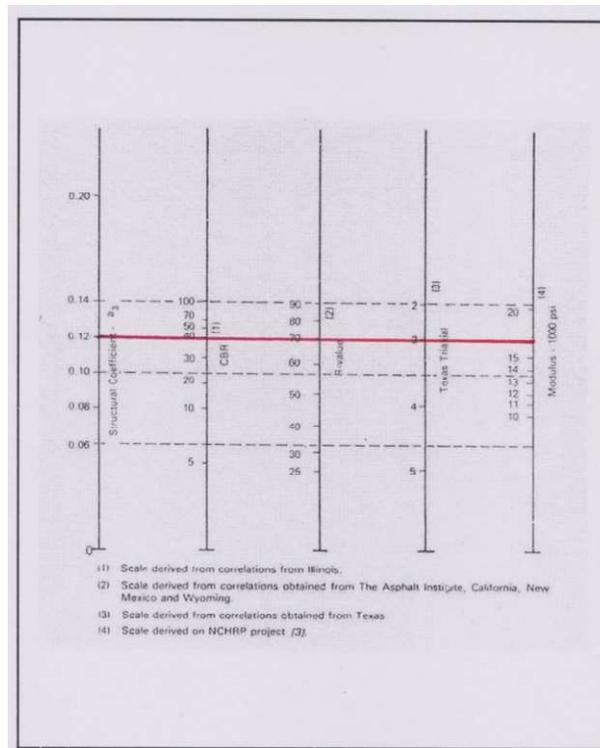
$$\text{Modulus elastisitas pondasi bawah granular } (E_{BS}) = 17000 \text{ psi}$$



Gambar 4.13 Grafik Menentukan Modulus Elastisitas Aspal Beton (E_{AC})



Gambar 4.14 Grafik Menentukan Modulus Elastisitas Pondasi Atas Granular (E_{Bs})



Gambar 4.15 Grafik Menentukan Modulus Elastisitas Pondasi Bawah Granular (E_{Bs})

d. Faktor Distribusi Arah (D_D) dan Distribusi Lajur (D_L)

Ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta memiliki tipe jalan terbagi menjadi 2 jalur dengan median sedangkan distribusi arah terbagi menjadi 2 jalur, 4 lajur dan 2 arah. Sehingga menurut Tabel 2.9 distribusi arah yang digunakan adalah 0.5 dan distribusi lajur digunakan adalah 1.0.

d. Reliabilitas (R)

Jalan Raya Solo – Yogyakarta memiliki klasifikasi jalan arteri dan merupakan jalan antar kota sehingga menurut Tabel 2.7 nilai reliabilitas yang digunakan adalah 95%.

e. Standar Normal Deviasi (Z_R)

Berdasarkan nilai reliabilitas maka dari Tabel 2.8 nilai standar normal deviasi yang digunakan adalah -1.645 .

f. Deviasi Standar (S_0)

Nilai standar deviasi dipilih berdasarkan kondisi setempat. Sehingga nilai yang digunakan adalah 0,50.

g. Design Serviceability Loss (ΔPSI)

Nilai design serviceability loss didapatkan dari hasil selisih antara indeks permukaan pada awal umur rencana (IP_0) dan indeks permukaan pada akhir umur rencana (IP_t). Berdasarkan Tabel 2.12 dan Tabel 2.13 maka IP_0 yang digunakan adalah 3.5 dan IP_t yang digunakan adalah 2. Sehingga selisih dari IP_0 dan IP_t yaitu 1.5.

h. Beban Gandar Tunggal Standar Kumulatif (W_t)

Beban gandar kumulatif dihitung berdasarkan persamaan 2.12 dan 2.13. Dengan menggunakan parameter adalah beban gandar kumulatif selama setahun (w_{18}), umur pelayanan (n) dan perkembangan lalu lintas. Beban gandar tunggal standar kumulatif dihitung dengan menggunakan beban standar dan beban *overloading*. Adapun hasil perhitungan beban gandar tunggal kumulatif ditampilkan pada Tabel 4.18, Tabel 4.19 dan contoh perhitungan untuk kendaraan golongan 2 dengan beban standar adalah sebagai berikut ini.

1) Beban gandar kumulatif pertahun

$$\begin{aligned} w_{18} &= LHR \times \text{Ekivalen} \times D_D \times D_L \\ &= 33977 \times 0.000451 \times 0.5 \times 1 \end{aligned}$$

= 2797.2 beban gandar standar

2) Beban gandar tunggal standar kumulatif

$$W_t = w_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g}$$

$$= 2797.2 \times \frac{(1+0.075)^{20} - 1}{0.075}$$

$$= 121263.4 \text{ beban gandar standar}$$

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Jumlah Beban Gandar Tunggal Standar Kumulatif (Wt) dengan Beban Standar

No	Golongan Kendaraan	LHR	Ekivalen	DD	DL	\hat{w}_{18} setahun	Wt
1	Golongan 2	33977	0.000451	0.5	1.00	2797.2	121263.43
2	Golongan 3	2097	0.004231	0.5	1.00	1619.1	70193.26
3	Golongan 4	282	0.017621	0.5	1.00	906.9	39314.61
4	Golongan 5a	378	0.008676	0.5	1.00	598.5	25947.73
5	Golongan 5b	694	0.043924	0.5	1.00	5563.1	241174.91
6	Golongan 6b	1702	0.734535	0.5	1.00	228157.7	9891171.23
7	Golongan 7a	809	0.643836	0.5	1.00	95057.5	4120967.29
8	Golongan 7b	68	0.546491	0.5	1.00	6782.0	294013.66
9	Golongan 7c	79	1.749290	0.5	1.00	25220.4	1093362.70
Akumulasi beban gandar kumulatif							366702.40

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Jumlah Beban Gandar Tunggal Standar Kumulatif (Wt) dengan Beban *Overloading*

No	Golongan Kendaraan	Presentase (%)	LHR	LHR *)	Ekivalen	DD	DL	\hat{w}_{18} setahun	Wt
1	Golongan 2	100%	33977	33977	0.000451	0.5	1.0	2797.2	121263.43
2	Golongan 3	26.8%	2097	562	0.030181	0.5	1.0	3095.5	134196.80
		73.2%		1535				1185.2	
3	Golongan 4	100%	282	282	0.017621	0.5	1.0	906.9	39314.61
4	Golongan 5a	100%	378	378	0.008676	0.5	1.0	598.5	25947.73
5	Golongan 5b	100%	694	694	0.043924	0.5	1.0	5563.1	241174.91
6	Golongan 6b	36%	1702	620	1.966004	0.5	1.0	222284.0	9636533.45
		64%		1082				145108.3	
7	Golongan 7a	18.9%	809	153	4.130699	0.5	1.0	115264.8	4997000.28
		81.1%		656				77091.7	
8	Golongan 7b	15.1%	68	10	3.115129	0.5	1.0	5837.5	253068.11
		84.9%		58				5757.9	
9	Golongan 7c	100%	79	79	1.74929	0.5	1.0	25220.4	1093362.70
Akumulasi beban gandar kumulatif									26475750.47

Dari hasil perhitungan jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif dengan beban standar didapatkan hasil 366702.40 beban gandar standar sedangkan dengan

beban *overloading* didapatkan hasil 26475750.47 beban standar. Dari kedua hasil perhitungan tersebut bahwa terjadi selisih yang sangat besar yaitu 26109048.07 beban standar.

i. Nilai ITP

Dari parameter yang telah didapatkan diatas, maka selanjutnya dapat ditentukan nilai ITP berdasarkan nomogram pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19, sehingga didapatkan nilai ITP akibat beban standar dan beban *overloading* sebagai berikut ini.

1) Nilai ITP Beban Standar

$$ITP_1 = 3.8$$

$$ITP_2 = 4.5$$

$$ITP_3 = 5.8$$

2) Nilai ITP Beban *Overloading*

$$ITP_1 = 4.1$$

$$ITP_2 = 5.9$$

$$ITP_3 = 6.3$$

j. Analisis Tebal Lapisan Perkerasan Akibat Beban Standar dan Beban *Overloading* dengan Metode Analisa Komponen Binamarga 2002

Adapun langkah perhitungan tebal lapisan perkerasan akibat beban standar dan beban *overloading* pada umur rencana 20 tahun adalah sebagai berikut ini.

1) Beban Standar

$$D_1^* = \frac{ITP_1}{a_1} = \frac{3.8}{0.40} = 9.5 \text{ inchi} = 24.5 \text{ cm}$$

$$ITP_1^* = a_1 \times D_1^* = 0.40 \times 9.5 = 3.8$$

$$D_2^* = \left(\frac{ITP_2 - ITP_1^*}{a_2 \times m_2} \right)$$

$$= \left(\frac{4.5 - 3.8}{0.14 \times 1.2} \right)$$

$$= 4.167 \text{ inch} = 4.5 \text{ inch} = 11.5 \text{ cm}$$

$$ITP_2^* = D_1^* \times a_2 \times m_2 = 0.40 \times 4.5 \times 1.2 = 0.75$$

$$D_3^* = \left(\frac{ITP_3 - (ITP_1^* + ITP_2^*)}{a_3 \times m_3} \right)$$

$$= \left(\frac{5.8 - (3.8 + 0.75)}{0.12 \times 1.2} \right)$$

$$= 8.68 \text{ inch} = 22.05 \text{ cm} = 22.5 \text{ cm}$$

2) Beban Overloading

$$D_1^* = \frac{ITP_1}{a_1} = \frac{4.1}{0.40} = 10.25 \text{ inchi} = 10.5 \text{ inch} = 27 \text{ cm}$$

$$ITP_1^* = a_1 \times D_1^* = 0.40 \times 10.5 = 4.2$$

$$D_2^* = \left(\frac{ITP_2 - ITP_1^*}{a_2 \times m_2} \right)$$

$$= \left(\frac{5.9 - 4.2}{0.14 \times 1.2} \right)$$

$$= 10.11 \text{ inch} = 10.5 \text{ inch} = 27 \text{ cm}$$

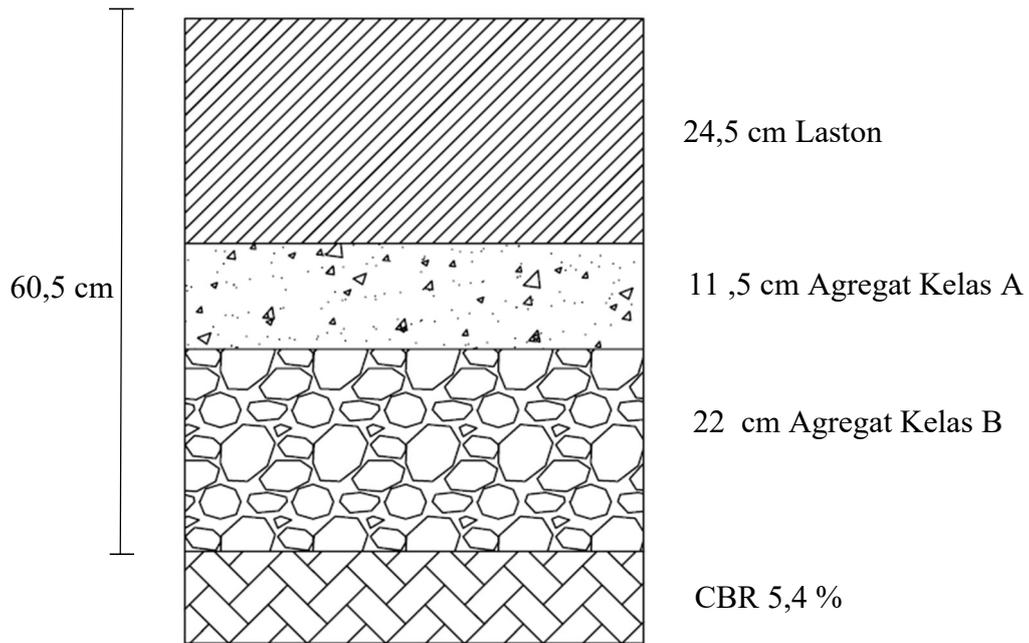
$$ITP_2^* = D_1^* \times a_2 \times m_2 = 10.5 \times 0.14 \times 1.2 = 1.76$$

$$D_3^* = \left(\frac{ITP_3 - (ITP_1^* + ITP_2^*)}{a_3 \times m_3} \right)$$

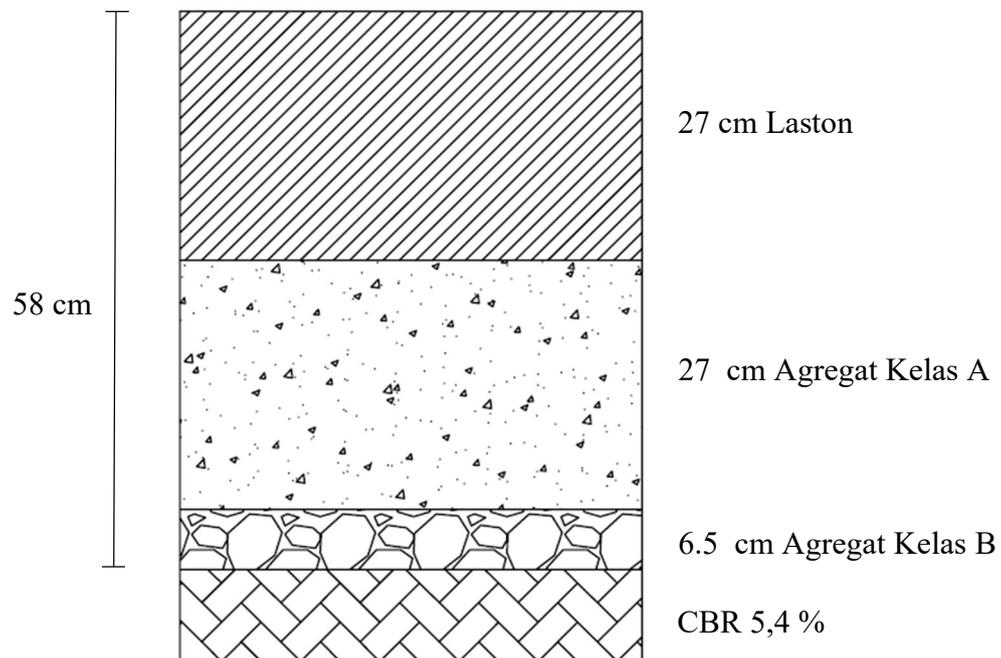
$$= \left(\frac{6.3 - (4.2 + 1.76)}{0.12 \times 1.2} \right)$$

$$= 2.36 \text{ inch} = 2.5 \text{ cm} = 6.5 \text{ cm}$$

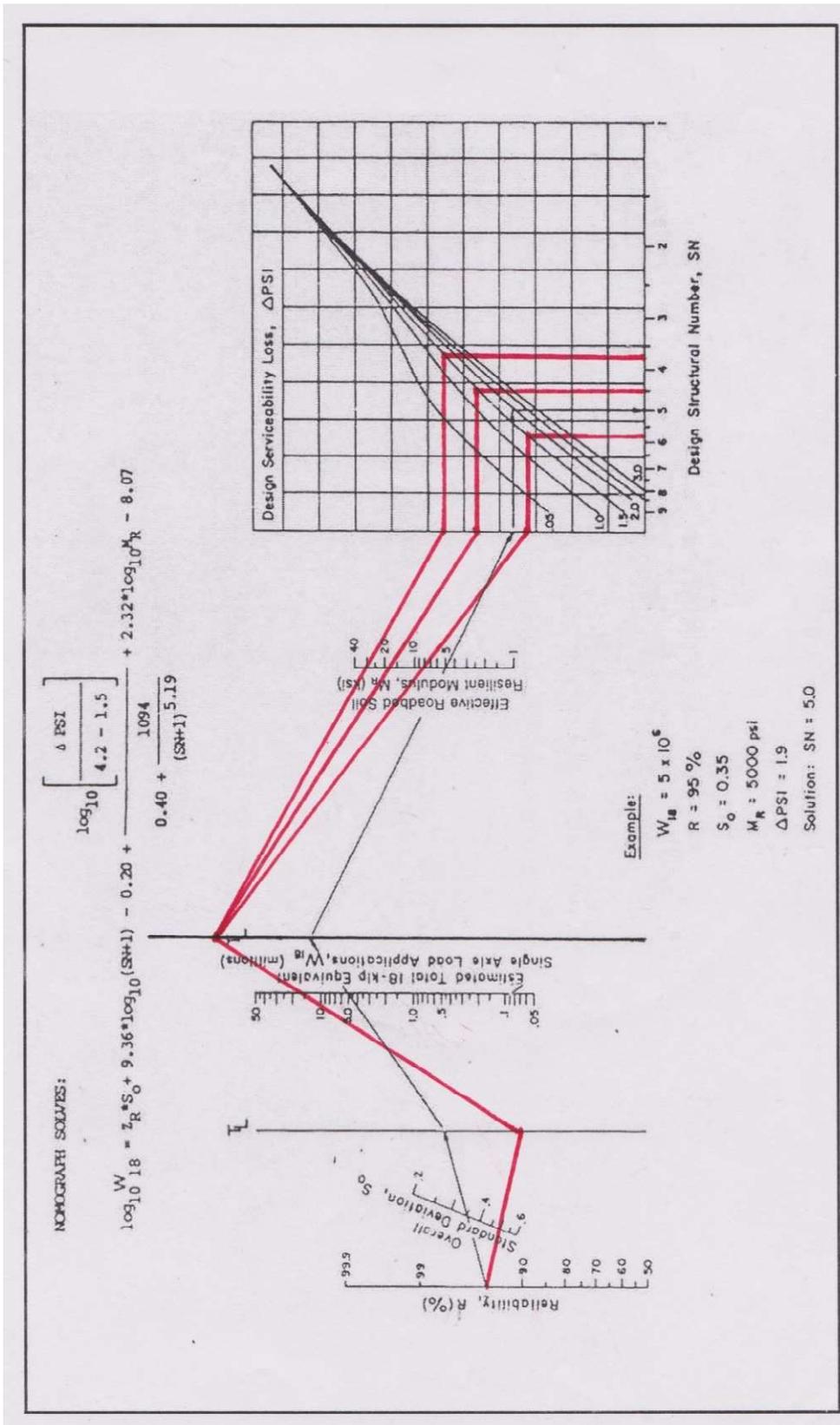
Dari perhitungan tebal lapisan perkerasan akibat beban standar dan beban *overloading* pada umur rencana 20 tahun didapatkan tebal lapisan perkerasan dengan beban standar untuk lapisan permukaan adalah 24.5 cm, lapisan pondasi atas adalah 11.5 cm dan lapisan pondasi bawah adalah 22 cm. Sedangkan beban *overloading* didapatkan tebal lapisan perkerasan untuk lapisan permukaan adalah 27 cm, lapisan pondasi atas adalah 27 cm dan lapisan pondasi bawah adalah 6.5 cm. Dari kedua hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa tebal lapisan perkerasan untuk beban *overloading* lebih tebal dibandingkan tebal lapisan perkerasan dengan beban standar, dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17. Hal inilah yang dapat menyebabkan kerugian dari segi biaya pembangunan karena membutuhkan material yang lebih banyak jika dibandingkan dengan tebal lapisan tambahan pada beban standar.



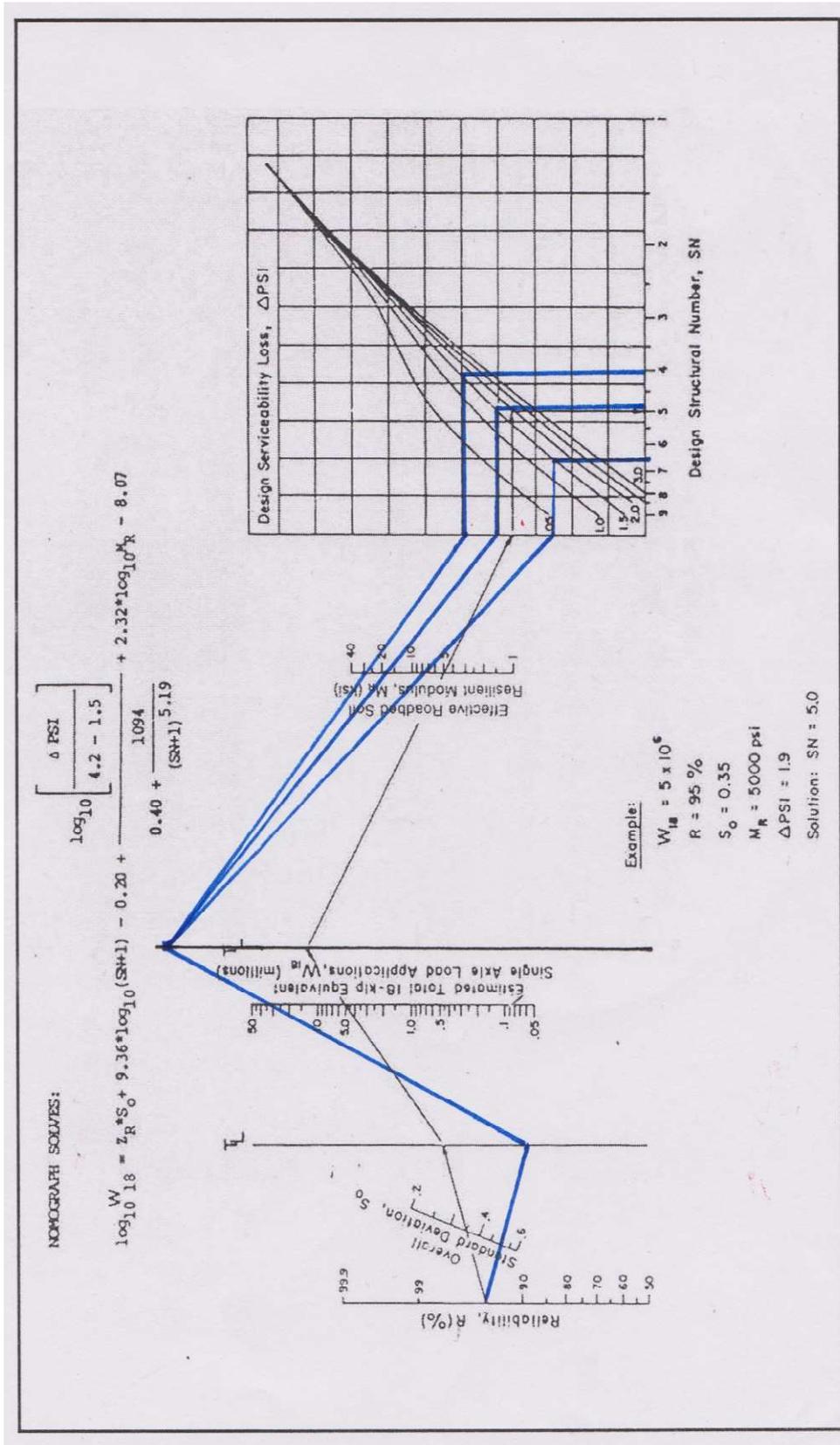
Gambar 4.16 Susunan Lapisan Perkerasan dengan Beban Standar



Gambar 4.17 Susunan Lapisan Perkerasan dengan Beban *Overloading*



Gambar 4.18 Menentukan Nilai ITP dengan Beban Standar



Gambar 4.19 Menentukan Nilai ITP dengan Beban Overloading