

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengambilan Data

Evaluasi penurunan umur rencana dilakukan dengan cara menghitung *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* pada ruas jalan Jogja – Purworejo Km 37 – Km 41 menggunakan data-data sekunder yaitu data lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan data kendaraan dengan muatan berlebih yang masuk di Jembatan Timbang Kulwaru. Masing-masing data tersebut diperoleh dari Kantor Perencanaan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi D.I Yogyakarta dan Kantor UPPKB Kulwaru Kulonprogo Provinsi D.I Yogyakarta.

Perhitungan pada evaluasi ini menggunakan Metode Bina Marga 2013 dan jenis klasifikasi kendaraan yang disertakan dalam perhitungan yaitu golongan 3, 4, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, dan 7c. Sedangkan sepeda motor (golongan 1) dan kendaraan tidak bermotor (golongan 8) diabaikan karena dianggap tidak memberikan beban yang signifikan terhadap struktur perkerasan.

Evaluasi ini mempunyai dua beban asumsi berbeda, dimana yang pertama semua kendaraan dianggap mempunyai beban sumbu standar atau dalam keadaan normal. Yang kedua, semua kendaraan angkutan barang dihitung dengan menambahkan kelebihan muatan yang tercatat di Jembatan Timbang Kulwar. Kemudian hasilnya nilai kumulatif *CESA* yang diperoleh akan dihitung nilai selisih tahun terakhir antara kendaraan pada saat keadaan normal dengan kendaraan yang mengalami kelebihan muatan atau *overloading*.

5.1.1 Data Lalu lintas Harian Rata-rata

Menurut hasil survei lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dilakukan pihak Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) dari Karang Nongko (Bts Prov. Jateng) – Toyan pada ruas Jl. Jogja - Purworjo diperoleh nilai LHR tahun 2014, dan 2017 seperti pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Lalulintas Harian Rata-rata (LHR) Kendaraan dari Karang Nongko (Bts Prov. Jateng) – Toyan

Gol	Klasifikasi Kendaraan	LHR			
		Tahun 2014 (kendaraan)	Tahun 2015 (kendaraan)	Tahun 2016 (kendaraan)	Tahun 2017 (kendaraan)
3	Mobil Penumpang	3913	3039	656	3039
4	Pick-up, Micro truck	793	1189	1351	1189
5a	Bus Kecil	96	336	196	336
5b	Bus Besar	615	906	662	906
6a	Truck Ringan 2 sumbu	201	743	745	743
6b	Truck Sedang 2 sumbu	1587	2149	1679	2149
7a	Truk 3 sumbu	310	695	564	695
7b	Truck Gandeng	67	89	133	89
7c	Truck Semi Trailer	106	86	173	86
Jumlah		7688	9232	6159	9232

(Sumber : Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, 2017)

5.1.2 Data Muatan Kendaraan dari Jembatan Timbang

Data kendaraan dengan muatan berlebih didapat dari survei langsung di UPPKB Kulwaru selama dua hari. Kendaraan yang masuk ke Jembatan Timbang Kulwaru merupakan kendaraan angkutan barang yaitu kendaraan yang termasuk dalam golongan 4, 6a, 6b.1, 6b.2, 7a, 7b. Rekapitulasi jumlah kendaraan dan muatan berlebih per hari yang masuk di jembatan timbang dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Jumlah Kendaraan dengan Muatan Berlebih

Gol	Konfigurasi Sumbu	JB1 (Ton)	Jumlah kendaraan (kend/hari)	Melanggar	Berat Total (Ton)	Berat Overload (Ton)	Overload %
4	1.1	2	14	5	27,345	3,325	12,3
6a	1.2	8,3	83	26	644,521	78,924	11,5
6b	1.2	16	46	7	613,480	44,205	6,1
7a	1.2.2	24	72	54	2455,580	815,165	42,3
7b	1.2+2.2	40	7	6	269,365	47,330	18,2
Jumlah			222		4010,291	935,449	

(Sumber : Survei Langsung Lapangan, 2018)

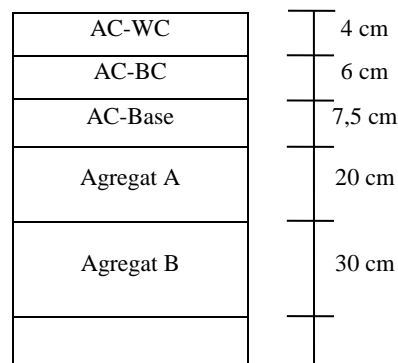
5.1.3 Kondisi Ruas Jalan Yogyakarta – Purworejo

Kondisi perkerasan lentur ruas jalan Yogyakarta – Purworejo sebagai berikut.

- a. Status jalan : Arteri
- b. Tipe Perkerasan: Perkerasan lentur
- c. Lebar jalan : 11m

Adapun struktur perkerasan ruas jalan Yogyakarta - Purworejo, seperti berikut.

- a. Lapis AC - WC : 4 cm
- b. Lapis AC – BC : 6 cm
- c. Lapis AC - Base : 7,5 cm
- d. Agregat A : 20 cm
- e. Agregat B : 30 cm



Gambar 5.1 Struktur Lapis Perkerasan Ruas Jalan Yogyakarta – Purworejo

(Sumber : Perencanaan Dan Pengawasan Jalan Nasional, 2017)

5.2 Analisis Data

5.2.1 Analisis Pertumbuhan Lalulintas

Untuk memprediksi lalulintas harian rata-rata (LHR) pada tahun-tahun berikutnya, maka akan dilakukan dengan menghitung faktor pertumbuhan lalulintas. Sebelum menghitung faktor pertumbuhan lalulintas terlebih dahulu dicari nilai tingkat pertumbuhan tahunan dengan Persamaan 3.2.

Diketahui :

$LHR_n = 9232$ kendaraan

$LHR_1 = 7688$ Kendaraan

$n = 2017 - 2014 = 3$

$$i = \left(\sqrt[n]{\frac{LHR_n}{LHR_1}} \right) - 1$$

$$i = \left(\sqrt[3]{\frac{9232}{7688}} \right) - 1 = 0,0629$$

Tingkat pertumbuhan tahunan lalu lintas yang terjadi pada masing-masing golongan kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Tingkat Pertumbuhan Tahunan lalu lintas

Klasifikasi Kendaraan	LHR				Tingkat Pertumbuhan (i)
	Tahun 2014 (kendaraan)	Tahun 2015 (kendaraan)	Tahun 2016 (kendaraan)	Tahun 2017 (kendaraan)	
Golongan 3	3913	3039	656	3039	-0,08
Golongan 4	793	1189	1351	1189	0,14
Golongan 5a	96	336	196	336	0,52
Golongan 5b	615	906	662	906	0,14
Golongan 6a	201	743	745	743	0,55
Golongan 6b	1587	2149	1679	2149	0,11
Golongan 7a	310	695	564	695	0,31
Golongan 7b	67	89	133	89	0,10
Golongan 7c	106	86	173	86	-0,07
Jumlah	7688	9232	6159	9232	0,063

(Sumber : Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, 2017)

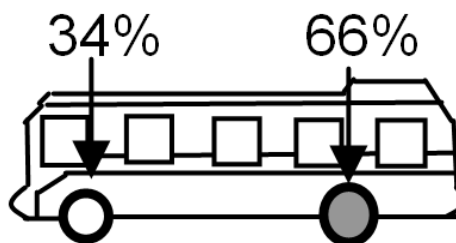
Berikut Tabel 5.4 rekapitulasi pertumbuhan lalu lintas untuk setiap golongan berdasarkan perhitungan di atas.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Pertumbuhan Lalu lintas Untuk Setiap Golongan

Lalu Lintas Harian Rerata Tahun 2018 s/d 2024 (Hasil perhitungan dengan i pada tabel 5.3)							
Klasifikasi	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Golongan 3	2793	2568	2360	2169	1994	1833	1685
Golongan 4	1361	1558	1783	2040	2335	2673	3059
Golongan 5a	510	775	1176	1786	2711	4116	6249
Golongan 5b	1031	1173	1335	1519	1728	1966	2237
Golongan 6a	1149	1776	2747	4247	6566	10153	15698
Golongan 6b	2378	2630	2910	3219	3562	3941	4360
Golongan 7a	910	1191	1558	2039	2669	3493	4572
Golongan 7b	98	108	118	130	143	157	173
Golongan 7c	80	75	70	65	61	57	53
Jumlah	10309	11852	14056	17215	21769	28388	38086

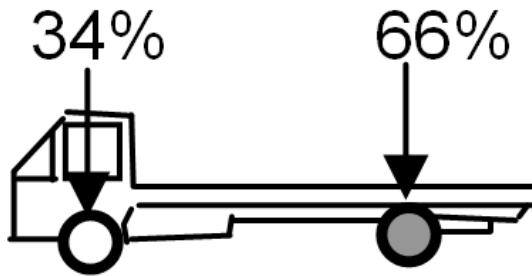
5.2.2 Perhitungan *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA) Rencana*

Angka ekivalen beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal / ganda kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb). Angka ekivalen beban masing-masing golongan beban sumbu dapat dihitung dengan Persamaan 3.3 dan 3.4. Berikut contoh perhitungan.

**Gambar 5.2 Konfigurasi Beban Kendaraan Golongan 3**

(Sumber : Bina Marga, 1983)

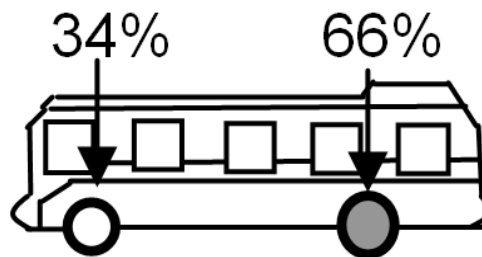
$$\text{Gol. 3} = \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan (t)}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 = \left(\frac{2 \times 34\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{2 \times 66\%}{8,16} \right)^4 = 0,0007$$



Gambar 5.3 Konfigurasi Beban Kendaraan Golongan 4

(Sumber : Bina Marga, 1983)

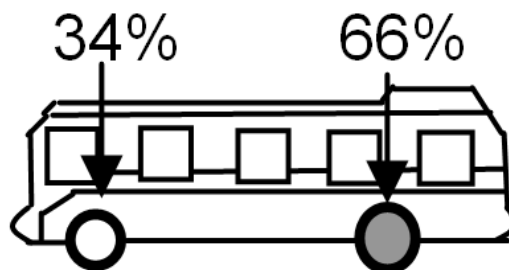
$$\text{Gol. 4} = \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan (t)}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 = \left(\frac{2 \times 34\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{2 \times 66\%}{8,16} \right)^4 = 0,0007$$



Gambar 5.4 Konfigurasi Beban Kendaraan Golongan 5a

(Sumber : Bina Marga, 1983)

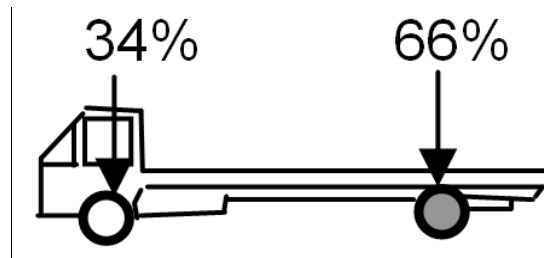
$$\text{Gol. 5a} = \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan (t)}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 = \left(\frac{6 \times 50\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{6 \times 50\%}{8,16} \right)^4 = 0,0594$$



Gambar 5.5 Konfigurasi Beban Kendaraan Golongan 5b

(Sumber : Bina Marga, 1983)

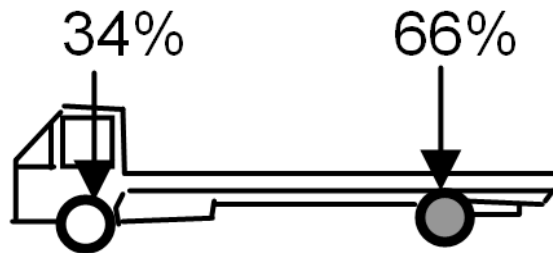
$$\text{Gol. 5b} = \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan (t)}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 = \left(\frac{9 \times 34\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{9 \times 66\%}{8,16} \right)^4 = 0,3006$$



Gambar 5.6 Konfigurasi Beban Kendaraan Golongan 6a

(Sumber : Bina Marga, 1983)

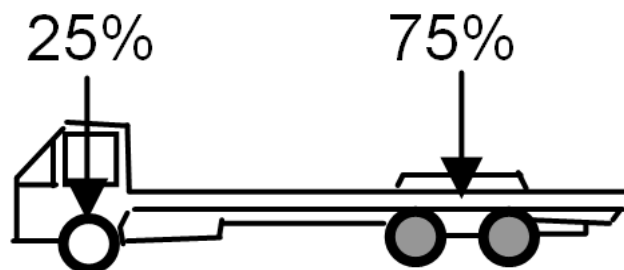
$$\text{Gol. 6a} = \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan (t)}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 = \left(\frac{8,3 \times 34\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{8,3 \times 66\%}{8,16} \right)^4 = 0,2174$$



Gambar 5.7 Konfigurasi Beban Kendaraan Golongan 6b

(Sumber : Bina Marga, 1983)

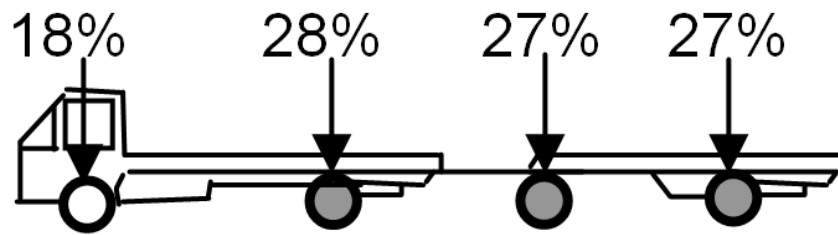
$$\text{Gol. 6b} = \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan (t)}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 = \left(\frac{16 \times 34\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{16 \times 66\%}{8,16} \right)^4 = 3,0023$$



Gambar 5.8 Konfigurasi Beban Kendaraan Golongan 7a

(Sumber : Bina Marga, 1983)

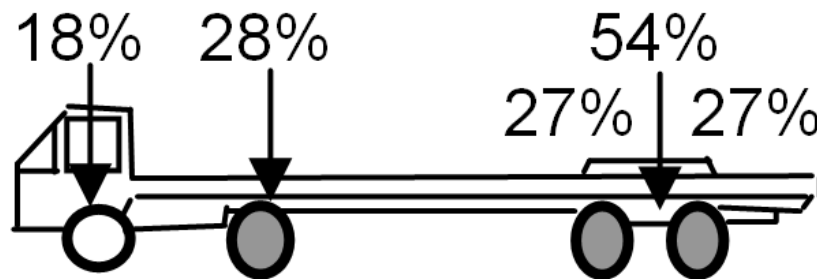
$$\begin{aligned} \text{Gol. 7a} &= \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan (t)}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 = \left(\frac{25 \times 25\%}{8,16} \right)^4 + 0,086 \left(\frac{25 \times 75\%}{8,16} \right)^4 \\ &= 2,7416 \end{aligned}$$



Gambar 5.9 Konfigurasi Beban Kendaraan Golongan 7b

(Sumber : Bina Marga, 1983)

$$\begin{aligned}
 \text{Gol. 7b} &= \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan (t)}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 \\
 &= \left(\frac{36 \times 18\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{36 \times 28\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{36 \times 27\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{36 \times 27\%}{8,16} \right)^4 \\
 &= 6,7528
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 10 Konfigurasi Beban Kendaraan Golongan 7c

(Sumber : Bina Marga, 1983)

$$\begin{aligned}
 \text{Gol. 7c} &= \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan (t)}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 \\
 &= \left(\frac{40 \times 18\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{40 \times 28\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{40 \times 27\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{40 \times 27\%}{8,16} \right)^4 \\
 &= 10,2923
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan nilai faktor ekivalen (*VDF*) setiap jenis kendaraan seperti pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.5 Nilai Faktor Ekuivalen Beban (VDF) Standar.

Golongan	Klasifikasi Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Berat Kendaraan (Ton)	MST (Ton)	Nilai VDF
3	Mobil Penumpang	1.1	2	8,16	0,0007
4	Pick-up, Micro truck	1.1	2	8,16	0,0007
5a	Bus Kecil	1.1	6	8,16	0,0594
5b	Bus Besar	1.2	9	8,16	0,3006
6a	Truck Ringan 2 sumbu	1.2	8,3	8,16	0,2174
6b	Truck Berat 2 sumbu	1.2	16	8,16	3,0023
7a	Truk 3 sumbu	1.2.2	25	8,16	2,7416
7b	Truck Gandeng	1.2+2.2	36	8,16	6,7528
7c	Truck Semi Trailer	1.2-2.2	40	8,16	10,2923

Sebelum masuk dalam perhitungan nilai *CESA* dibutuhkan nilai koefisien distribusi kendaraan yang didapat dari Pd T-05-2005-B. Untuk menentukan koefisien ditribusi kendaraan mengacu pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.6 Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 Lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 Lajur	0,40	0,40	0,50	0,47
4 Lajur	-	0,30	-	0,45
5 Lajur	-	0,25	-	0,42
6 Lajur	-	0,20	-	0,40

(Sumber : Pd T-05-2005-B, 2005)

Jalan yang diteliti merupakan 2 lajur, 2 arah, maka nilai faktor distribusi lajur (DL) untuk kendaraan ringan (gol. 3, 5a) adalah 0,50, dan untuk kendaraan berat (Gol. 4, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, 7c) nilai yang digunakan 0,50.

Berdasarkan data – data di atas maka perhitungan *CESA* rencana sebagai berikut. Perhitungan dimulai pada tahun 2014. Sebelum melakukan perhitungan nilai *CESA* , dilakukan perhitungan nilai *ESAL* terlebih dahulu.

Diketahui :

ΣLHR 2014 = 7688 kend.

Nilai *VDF* = Tabel 5.5

DL = 0,5

i (faktor pertumbuhan lalu lintas) = 0,5

Rumus $ESA = \Sigma LHR \times VDF \times DL$, perhitungan dilakukan untuk masing – masing golongan kendaraan. Berikut perhitungan *ESAL* untuk tahun 2014.

a. Golongan 3

$$\begin{aligned} ESA &= \Sigma LHR \times VDF \times DL \\ &= 3913 \times 0,0007 \times 0,5 \\ &= 1,434 \end{aligned}$$

b. Golongan 4

$$\begin{aligned} ESA &= \Sigma LHR \times VDF \times DL \\ &= 793 \times 0,0007 \times 0,5 \\ &= 0,291 \end{aligned}$$

c. Golongan 5a

$$\begin{aligned} ESA &= \Sigma LHR \times VDF \times DL \\ &= 96 \times 0,0594 \times 0,5 \\ &= 2,850 \end{aligned}$$

d. Golongan 5b

$$\begin{aligned} ESA &= \Sigma LHR \times VDF \times DL \\ &= 615 \times 0,3006 \times 0,5 \\ &= 92,435 \end{aligned}$$

e. Golongan 6a

$$\begin{aligned} ESA &= \Sigma LHR \times VDF \times DL \\ &= 201 \times 0,2174 \times 0,5 \\ &= 21,850 \end{aligned}$$

f. Golongan 6b

$$\begin{aligned} ESA &= \sum LHR \times VDF \times DL \\ &= 1587 \times 3,0023 \times 0,5 \\ &= 2384,314 \end{aligned}$$

g. Golongan 7a

$$\begin{aligned} ESA &= \sum LHR \times VDF \times DL \\ &= 310 \times 2,7416 \times 0,5 \\ &= 424,944 \end{aligned}$$

h. Golongan 7b

$$\begin{aligned} ESA &= \sum LHR \times VDF \times DL \\ &= 67 \times 6,7528 \times 0,5 \\ &= 226,218 \end{aligned}$$

i. Golongan 7c

$$\begin{aligned} ESA &= \sum LHR \times VDF \times DL \\ &= 106 \times 10,2923 \times 0,5 \\ &= 545,492 \end{aligned}$$

j. Nilai $\sum ESA$ 2014 = 3697,817

$$\begin{aligned} \text{k. Nilai } CESA \text{ 2014} &= \sum LHR \times VDF \times DL \times 365 \\ &= 3697,817 \times 365 \\ &= 1349703 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Jadi, nilai *CESA* rencana untuk tahun 2014 adalah 1349703 ESAL

Dengan menggunakan cara yang sama, dicari nilai *CESA* tahun berikutnya sampai dengan umur rencana 10 tahun , yaitu pada tahun 2024. Rekapitulasi perhitungan nilai *CESA* untuk tahun 2015 – 2024 seperti pada Tabel 5.7 sampai Tabel 5.16 berikut ini.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Rencana Tahun 2015

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	58670	0,0007	0,5	2,1511
Golongan 4	1190	0,0007	0,5	0,4359
Golongan 5a	144	0,0594	0,5	4,2747
Golongan 5b	923	0,3006	0,5	138,6368
Golongan 6a	302	0,2174	0,5	32,7749
Golongan 6b	2381	3,0023	0,5	3573,4716
Golongan 7a	465	2,7416	0,5	637,4156
Golongan 7b	101	6,7528	0,5	339,3270
Golongan 7c	159	10,2923	0,5	818,2376
Jumlah				5546,7253
<i>CESA Tahun 2015</i>				2024555

Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Rencana Tahun 2016

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	8804	0,0007	0,5	3,227
Golongan 4	1784	0,0007	0,5	0,654
Golongan 5a	216	0,0594	0,5	6,412
Golongan 5b	1384	0,3006	0,5	207,955
Golongan 6a	452	0,2174	0,5	49,162
Golongan 6b	3571	3,0023	0,5	5360,207
Golongan 7a	698	2,7416	0,5	956,123
Golongan 7b	151	6,7528	0,5	508,990
Golongan 7c	239	10,2923	0,5	1227,356
Jumlah				8320,088
<i>CESA Tahun 2016</i>				3036832

Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Rencana Tahun 2017

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	13206	0,0007	0,5	4,840
Golongan 4	2676	0,0007	0,5	0,981
Golongan 5a	324	0,0594	0,5	9,618
Golongan 5b	2076	0,3006	0,5	311,933
Golongan 6a	678	0,2174	0,5	73,744
Golongan 6b	5356	3,0023	0,5	8040,311
Golongan 7a	1046	2,7416	0,5	1434,185
Golongan 7b	226	6,7528	0,5	763,486
Golongan 7c	358	10,2923	0,5	1841,034
Jumlah				12480,132
<i>CESA</i> Tahun 2017				4555248

Tabel 5.10 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Rencana Tahun 2018

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	19810	0,0007	0,5	7,260
Golongan 4	4015	0,0007	0,5	1,471
Golongan 5a	486	0,0594	0,5	14,427
Golongan 5b	3113	0,3006	0,5	467,899
Golongan 6a	1018	0,2174	0,5	110,615
Golongan 6b	8034	3,0023	0,5	12060,467
Golongan 7a	1569	2,7416	0,5	2151,278
Golongan 7b	339	6,7528	0,5	1145,229
Golongan 7c	537	10,2923	0,5	2761,552
Jumlah				18720,198
<i>CESA</i> Tahun 2018				6832872

Tabel 5.11 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Rencana Tahun 2019

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	29714	0,0007	0,5	10,890
Golongan 4	6022	0,0007	0,5	2,207
Golongan 5a	729	0,0594	0,5	21,641
Golongan 5b	4670	0,3006	0,5	701,849
Golongan 6a	1526	0,2174	0,5	165,923
Golongan 6b	12051	3,0023	0,5	18090,700
Golongan 7a	2354	2,7416	0,5	3226,917
Golongan 7b	509	6,7528	0,5	1717,843
Golongan 7c	805	10,2923	0,5	4142,328
Jumlah				28080,297
<i>CESA Tahun 2019</i>				10249308

Tabel 5.12 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Rencana Tahun 2020

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	44572	0,0007	0,5	16,335
Golongan 4	9033	0,0007	0,5	3,310
Golongan 5a	1094	0,0594	0,5	32,461
Golongan 5b	7005	0,3006	0,5	1052,773
Golongan 6a	2290	0,2174	0,5	248,885
Golongan 6b	18077	3,0023	0,5	27136,050
Golongan 7a	3531	2,7416	0,5	4840,375
Golongan 7b	763	6,7528	0,5	2576,764
Golongan 7c	1207	10,2923	0,5	6213,491
Jumlah				42120,445
<i>CESA Tahun 2020</i>				15373962

Tabel 5.13 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Rencana Tahun 2021

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	66857	0,0007	0,5	24,503
Golongan 4	13549	0,0007	0,5	4,966
Golongan 5a	1640	0,0594	0,5	48,692
Golongan 5b	10508	0,3006	0,5	1579,160
Golongan 6a	3434	0,2174	0,5	373,327
Golongan 6b	27115	3,0023	0,5	40704,075
Golongan 7a	5297	2,7416	0,5	7260,562
Golongan 7b	1145	6,7528	0,5	3865,146
Golongan 7c	1811	10,2923	0,5	9320,237
Jumlah				63180,668
<i>CESA</i> Tahun 2021				23060944

Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Rencana Tahun 2022

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	100286	0,0007	0,5	36,754
Golongan 4	20324	0,0007	0,5	7,448
Golongan 5a	2460	0,0594	0,5	73,038
Golongan 5b	15762	0,3006	0,5	2368,740
Golongan 6a	5151	0,2174	0,5	559,991
Golongan 6b	40673	3,0023	0,5	61056,112
Golongan 7a	7945	2,7416	0,5	10890,843
Golongan 7b	1717	6,7528	0,5	5797,719
Golongan 7c	2717	10,2923	0,5	13980,356
Jumlah				94771,001
<i>CESA</i> Tahun 2022				34591415

Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Rencana Tahun 2023

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	150429	0,0007	0,5	55,131
Golongan 4	30486	0,0007	0,5	11,173
Golongan 5a	3691	0,0594	0,5	109,557
Golongan 5b	23643	0,3006	0,5	3553,110
Golongan 6a	7727	0,2174	0,5	839,986
Golongan 6b	61010	3,0023	0,5	91584,168
Golongan 7a	11917	2,7416	0,5	16336,265
Golongan 7b	2576	6,7528	0,5	8696,579
Golongan 7c	4075	10,2923	0,5	20970,534
Jumlah				142156,502
<i>CESA Tahun 2023</i>				51887123

Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Rencana Tahun 2024

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	225643	0,0007	0,5	82,696
Golongan 4	45728	0,0007	0,5	16,759
Golongan 5a	5536	0,0594	0,5	164,335
Golongan 5b	35464	0,3006	0,5	5329,666
Golongan 6a	11591	0,2174	0,5	1259,979
Golongan 6b	91514	3,0023	0,5	137376,252
Golongan 7a	17876	2,7416	0,5	24504,397
Golongan 7b	3864	6,7528	0,5	13044,869
Golongan 7c	6112	10,2923	0,5	31455,800
Jumlah				213234,753
<i>CESA Tahun 2024</i>				77830685

Rekapitulasi hasil perhitungan nilai *ESA* dan nilai *CESA* rencana dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Rekapitulasi Nilai *ESA* dan Nilai *CESA* Selama Umur Rencana

Tahun	<i>ESA</i>	<i>CESA</i> Rencana
2015	5546,7253	2024555
2016	8320,088	3036832
2017	12480,132	4555248
2018	18720,198	6832872
2019	28080,297	10249308
2020	42120,445	15373962
2021	63180,668	23060944
2022	94771,001	34591415
2023	142156,502	51887123
2024	213234,753	77830685

5.2.3 Perhitungan *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* Normal

Perhitungan nilai *CESA* menggunakan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6 dengan data yang diperlukan yaitu jumlah LHR, nilai *vehicle damage factor (VDF)* , dan nilai DL. Nilai LHR yang digunakan yaitu LHR pada Tabel 5.4 dengan nilai *VDF* normal yaitu *VDF* pada Tabel 5.5. Berdasarkan data – data tersebut perhitungan *CESA* normal dimulai pada tahun 2015 yaitu tahun pertama setelah jalan dioverlay. Perhitungan *CESA* normal sebagai berikut.

a. Golongan 3

$$\begin{aligned}
 ESA &= \sum LHR \times VDF \times DL \\
 &= 3039 \times 0,0007 \times 0,5 \\
 &= 1,114
 \end{aligned}$$

b. Golongan 4

$$\begin{aligned}
 ESA &= \sum LHR \times VDF \times DL \\
 &= 1189 \times 0,0007 \times 0,5 \\
 &= 0,436
 \end{aligned}$$

c. Golongan 5a

$$\begin{aligned}
 ESA &= \sum LHR \times VDF \times DL \\
 &= 336 \times 0,0594 \times 0,5 \\
 &= 9,974
 \end{aligned}$$

d. Golongan 5b

$$ESA = \sum LHR \times VDF \times DL$$

$$= 906 \times 0,3006 \times 0,5$$

$$= 136,157$$

e. Golongan 6a

$$ESA = \sum LHR \times VDF \times DL$$

$$= 743 \times 0,2174 \times 0,5$$

$$= 80,769$$

f. Golongan 6b

$$ESA = \sum LHR \times VDF \times DL$$

$$= 2149 \times 3,0023 \times 0,5$$

$$= 3225,957$$

g. Golongan 7a

$$ESA = \sum LHR \times VDF \times DL$$

$$= 695 \times 2,7416 \times 0,5$$

$$= 952,696$$

h. Golongan 7b

$$ESA = \sum LHR \times VDF \times DL$$

$$= 89 \times 6,7528 \times 0,5$$

$$= 300,499$$

i. Golongan 7c

$$ESA = \sum LHR \times VDF \times DL$$

$$= 86 \times 10,2923 \times 0,5$$

$$= 442,569$$

j. Nilai $\sum ESA$ 2014 = 5150,170

k. Nilai $CESA$ 2014 = $\sum LHR \times VDF \times DL \times R \times 365$

$$= 5150,170 \times \frac{(1+0,0629)^1-1}{0,0629} \times 365$$

$$= 1879812 \text{ ESAL}$$

Jadi, nilai $CESA$ rencana untuk tahun 2015 adalah 1879812 ESAL

Dengan menggunakan cara yang sama, dicari nilai *CESA* tahun berikutnya sampai dengan umur rencana 10 tahun , yaitu pada tahun 2024. Rekapitulasi perhitungan nilai *CESA* untuk tahun 2015 – 2024 seperti pada Tabel 5.18 sampai Tabel 5.16 berikut ini.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Perhitungan Nilai *CESA* Normal Tahun 2015

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	3039	0,0007	0,5	1,114
Golongan 4	1189	0,0007	0,5	0,436
Golongan 5a	336	0,0594	0,5	9,974
Golongan 5b	906	0,3006	0,5	136,157
Golongan 6a	743	0,2174	0,5	80,769
Golongan 6b	2149	3,0023	0,5	3225,957
Golongan 7a	695	2,7416	0,5	952,696
Golongan 7b	89	6,7528	0,5	300,499
Golongan 7c	86	10,2923	0,5	442,569
Jumlah				5150,170
<i>CESA</i> Tahun 2015				1879812

Tabel 5.19 Rekapitulasi Perhitungan Nilai *CESA* Normal Tahun 2016

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	656	0,0007	0,5	0,240
Golongan 4	1351	0,0007	0,5	0,495
Golongan 5a	196	0,0594	0,5	5,818
Golongan 5b	662	0,3006	0,5	99,488
Golongan 6a	745	0,2174	0,5	80,986
Golongan 6b	1679	3,0023	0,5	2520,420
Golongan 7a	564	2,7416	0,5	773,123
Golongan 7b	133	6,7528	0,5	449,060
Golongan 7c	173	10,2923	0,5	890,284
Jumlah				4819,914
<i>CESA</i> Tahun 2016				3629203

Tabel 5.20 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Normal Tahun 2017

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	3039	0,0007	0,5	1,114
Golongan 4	1189	0,0007	0,5	0,436
Golongan 5a	336	0,0594	0,5	9,974
Golongan 5b	906	0,3006	0,5	136,157
Golongan 6a	743	0,2174	0,5	80,769
Golongan 6b	2149	3,0023	0,5	3225,957
Golongan 7a	695	2,7416	0,5	952,696
Golongan 7b	89	6,7528	0,5	300,499
Golongan 7c	86	10,2923	0,5	442,569
Jumlah				5150,170
<i>CESA Tahun 2017</i>				6001619

Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Normal Tahun 2018

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	2793	0,0007	0,5	1,024
Golongan 4	1361	0,0007	0,5	0,499
Golongan 5a	510	0,0594	0,5	15,144
Golongan 5b	1031	0,3006	0,5	154,926
Golongan 6a	1149	0,2174	0,5	124,884
Golongan 6b	2378	3,0023	0,5	3568,988
Golongan 7a	910	2,7416	0,5	1246,892
Golongan 7b	98	6,7528	0,5	330,330
Golongan 7c	80	10,2923	0,5	412,773
Jumlah				5855,460
<i>CESA Tahun 2018</i>				9389981

Tabel 5.22 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Normal Tahun 2019

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	2568	0,0007	0,5	0,941
Golongan 4	1558	0,0007	0,5	0,571
Golongan 5a	775	0,0594	0,5	22,993
Golongan 5b	1173	0,3006	0,5	176,282
Golongan 6a	1776	0,2174	0,5	193,095
Golongan 6b	2630	3,0023	0,5	3948,495
Golongan 7a	1191	2,7416	0,5	1631,937
Golongan 7b	108	6,7528	0,5	363,122
Golongan 7c	75	10,2923	0,5	384,984
Jumlah				6722,420
<i>CESA</i> Tahun 2019				13912070

Tabel 5.23 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Normal Tahun 2020

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	2360	0,0007	0,5	0,865
Golongan 4	1783	0,0007	0,5	0,653
Golongan 5a	1176	0,0594	0,5	34,910
Golongan 5b	1335	0,3006	0,5	200,583
Golongan 6a	2747	0,2174	0,5	298,563
Golongan 6b	2910	3,0023	0,5	4368,356
Golongan 7a	1558	2,7416	0,5	2135,884
Golongan 7b	118	6,7528	0,5	399,170
Golongan 7c	70	10,2923	0,5	359,065
Jumlah				7798,050
<i>CESA</i> Tahun 2020				19999532

Tabel 5.24 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Normal Tahun 2021

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	2169	0,0007	0,5	0,795
Golongan 4	2040	0,0007	0,5	0,748
Golongan 5a	1786	0,0594	0,5	53,004
Golongan 5b	1519	0,3006	0,5	228,233
Golongan 6a	4247	0,2174	0,5	461,637
Golongan 6b	3219	3,0023	0,5	4832,864
Golongan 7a	2039	2,7416	0,5	2795,452
Golongan 7b	130	6,7528	0,5	438,796
Golongan 7c	65	10,2923	0,5	334,892
Jumlah				9146,420
<i>CESA Tahun 2021</i>				28271705

Tabel 5.25 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Normal Tahun 2022

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	1994	0,0007	0,5	0,731
Golongan 4	2335	0,0007	0,5	0,856
Golongan 5a	2711	0,0594	0,5	80,476
Golongan 5b	1728	0,3006	0,5	259,694
Golongan 6a	6566	0,2174	0,5	713,780
Golongan 6b	3562	3,0023	0,5	5346,764
Golongan 7a	2669	2,7416	0,5	3658,697
Golongan 7b	143	6,7528	0,5	482,356
Golongan 7c	61	10,2923	0,5	312,345
Jumlah				10855,700
<i>CESA Tahun 2022</i>				39628202

Tabel 5.26 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Normal Tahun 2023

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	1833	0,0007	0,5	0,672
Golongan 4	2673	0,0007	0,5	0,980
Golongan 5a	4116	0,0594	0,5	122,186
Golongan 5b	1966	0,3006	0,5	295,493
Golongan 6a	10153	0,2174	0,5	1103,644
Golongan 6b	3941	3,0023	0,5	5915,310
Golongan 7a	3493	2,7416	0,5	4788,514
Golongan 7b	157	6,7528	0,5	530,240
Golongan 7c	57	10,2923	0,5	291,317
Jumlah				13048,356
<i>CESA Tahun 2023</i>				55391315

Tabel 5.27 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Normal Tahun 2024

Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
Golongan 3	1685	0,0007	0,5	0,618
Golongan 4	3059	0,0007	0,5	1,121
Golongan 5a	6249	0,0594	0,5	185,515
Golongan 5b	2237	0,3006	0,5	336,226
Golongan 6a	15698	0,2174	0,5	1706,448
Golongan 6b	4360	3,0023	0,5	6544,313
Golongan 7a	4572	2,7416	0,5	6267,223
Golongan 7b	173	6,7528	0,5	582,878
Golongan 7c	53	10,2923	0,5	271,704
Jumlah				15896,046
<i>CESA Tahun 2024</i>				77526821

Rekapitulasi hasil perhitungan nilai *ESAL* dan nilai *CESA* rencana dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Nilai ESA dan Nilai CESA Normal Selama Umur Rencana

Tahun	ESA	CESA Normal
2015	5855,460	1879812
2016	6722,420	3629203
2017	5150,170	6001619
2018	5916,414	9389981
2019	6844,491	13912070
2020	7798,050	19999532
2021	28271705	28271705
2022	10855,700	39628202
2023	55391315	55391315
2024	15896,046	77526821

5.2.4 Perhitungan *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA) Overload*

Perhitungan nilai faktor ekivalen beban berlebih (*Overloading*) berdasarkan berat kendaraan hasil survei di Jembatan Timbang Kulwaru selama dua hari, kemudian dihitung rata-rata kendaraan per hari dari semua data kendaraan yang terekam untuk masing-masing jenis kendaraan. Lalu dihitung setiap jenis kendaraan untuk mengetahui seberapa besar persentase pelanggaran berat muatan terhadap Jumlah Berat yang Diizinkan (JBI). Dari persentase pelanggaran berat terhadap JBI akan ditambahkan ke berat kendaraan standar untuk mendapatkan nilai faktor ekivalen beban berlebih. Berikut contoh perhitungan berat kendaraan dengan penambahan persentase pelanggaran berat terhadap JBI yang terdapat pada Tabel 5.2.

$$\begin{aligned} \text{Gol. 4} &= \text{Berat JBI kendaraan} + \left(\text{JBI} \times \frac{\% \text{ overload}}{100} \right) \\ &= 2 + \left(2 \times \frac{12,3}{100} \right) = 2,246 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gol. 6a} &= \text{Berat JBI kendaraan} + \left(\text{JBI} \times \frac{\% \text{ overload}}{100} \right) \\ &= 8,3 + \left(8,3 \times \frac{11,5}{100} \right) = 9,255 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gol. 6b} &= \text{Berat JBI kendaraan} + \left(\text{JBI} \times \frac{\% \text{ overload}}{100} \right) \\ &= 16 + \left(16 \times \frac{6,1}{100} \right) = 16,976 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gol. 7a} &= \text{Berat JBI kendaraan} + \left(\text{JBI} \times \frac{\% \text{ overload}}{100} \right) \\ &= 25 + \left(25 \times \frac{42,1}{100} \right) = 35,328 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gol. 7b} &= \text{Berat JBI kendaraan} + \left(\text{JBI} \times \frac{\% \text{ overload}}{100} \right) \\ &= 36 + \left(36 \times \frac{18,2}{100} \right) = 42,552 \text{ ton} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan berat kendaraan dengan muatan berlebih dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Berat Kendaraan dengan Muatan Berlebih

Gol.	Klasifikasi Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	JBI (Ton)	Overload %	Berat dengan Overload (Ton)
4	Pick-up, Micro truck	1.1	2	12,3	2,246
6a	Truck Ringan 2 sumbu	1.2	8,3	11,5	9,255
6b	Truck Berat 2 sumbu	1.2	16	6,1	16,976
7a	Truk 3 sumbu	1.2.2	25	42,1	35,328
7b	Truck Gandeng	1.2+2.2	36	18,2	42,552

(Sumber : Survey Langsung Lapangan, 2018)

Untuk menentukan nilai faktor ekuivalan (*VDF*) pada beban kendaraan berlebih dapat dihitung dengan Persamaan 3.3 dan 3.4 seperti contoh perhitungan pada nilai ekuivalen pada beban standar. Berikut perhitungan nilai faktor ekuivalen beban berlebih kendaraan.

$$\begin{aligned} VDF \text{ Gol. 4} &= \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 + \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 \\ &= \left(\frac{2,246 \times 34\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{2,246 \times 66\%}{8,16} \right)^4 = 0,0012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VDF \text{ Gol. 6a} &= \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 + \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 \\ &= \left(\frac{9,255 \times 34\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{9,255 \times 66\%}{8,16} \right)^4 = 0,3356 \end{aligned}$$

$$VDF \text{ Gol. 6b} = \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 + \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4$$

$$= \left(\frac{16,976 \times 34\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{16,976 \times 66\%}{8,16} \right)^4 = 3,8046$$

$$VDF \text{ Gol. 7a} = \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4 + 0,086 \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4$$

$$= \left(\frac{35,328 \times 25\%}{8,16} \right)^4 + 0,086 \left(\frac{35,28 \times 75\%}{8,16} \right)^4 = 10,9324$$

$$VDF \text{ Gol. 7b} = \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4$$

$$= \left(\frac{42,552 \times 18\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{42,552 \times 28\%}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{42,552 \times 27\%}{8,16} \right)^4 +$$

$$\left(\frac{42,552 \times 27\%}{8,16} \right)^4 = 13,1811$$

Pembagian beban sumbu kendaraan muatan berlebih dan rekapitulasi perhitungan nilai faktor ekivalen (*VDF*) dapat dilihat pada Tabel 5.30.

Tabel 5.30 Rekapitulasi Pembagian Beban Sumbu Kendaraan *Overload*

Golongan Kendaraan	Sumbu	Berat	Konfigurasi Sumbu				<i>VDF</i>
			Depan	Belakang			
				Ke-1	Ke-2	Ke-3	
4	1.1	2,246	0,00008	0,00109			0,0012
6a	1.2	9,2512	0,02208	0,31348			0,3356
6b	1.2	16,976	0,25032	3,55432			3,8046
7a	1.2.2	35,328	1,37238	9,56003			10,9324
7b	1.2+2.2	42,552	0,77626	4,54518	3,92984	3,92984	13,1811

Nilai faktor ekivalen (*VDF*) masing-masing jenis kendaraan termasuk kendaraan dengan beban *overload* dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Nilai Faktor Ekuivalen Beban Berlebih (*Overloading*)

Golongan	Klasifikasi Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Berat Kendaraan (Ton)	MST (Ton)	Nilai VDF
3	Mobil Penumpang	1.1	2	8,16	0,0007
4	Pick-up, Micro truck	1.1	2,246	8,16	0,0012
5a	Bus Kecil	1.1	6	8,16	0,0594
5b	Bus Besar	1.2	9	8,16	0,3006
6a	Truck Ringan 2 sumbu	1.2	4	8,16	0,0117
6b	Truck Berat 2 sumbu	1.2	9,251	8,16	0,3356
7a	Truk 3 sumbu	1.2.2	35,304	8,16	10,9027
7b	Truck Gandeng	1.2+2.2	42,552	8,16	13,1811
7c	Truck Semi Trailer	1.2-2.2	40	8,16	10,2923

Perbandingan nilai faktor ekuivalen (*VDF*) pada beban kendaraan standar dan beban kendaraan berlebih (*overload*) dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut ini.

Tabel 5.32 Perbandingan Nilai Faktor Ekuivalen (*VDF*)

No	Gol.	Klasifikasi Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Overload %	Perbandingan VDF	
					Normal	Overload
1	3	Mobil Penumpang	1.1		0,0007	0,0007
2	4	Pick-up, Micro truck	1.1	12,3	0,0007	0,0012
3	5a	Bus Kecil	1.1		0,0594	0,0594
4	5b	Bus Besar	1.2		0,3006	0,3006
5	6a	Truck Ringan 2 sumbu	1.2	11,5	0,2174	0,3356
6	6b	Truck Berat 2 sumbu	1.2	6,1	3,0023	3,8046
7	7a	Truk 3 sumbu	1.2.2	42,1	2,3285	10,9324
8	7b	Truck Gandeng	1.2+2.2	18,2	6,7528	13,1811
9	7c	Truck Semi Trailer	1.2-2.2		10,2923	10,2923

Perhitungan *CESA overload* (sekenario 3) merupakan nilai koreksi terhadap *CESA* rencana (sekenario 1) yang terjadi akibat adanya pelanggaran kelebihan muatan di jalan. Tidak semua kendaraan yang melewati ruas Jalan Jogja – Purworejo Km 37 – Km 41 melakukan pelanggaran muatan kendaraan, maka dilakukan koreksi terhadap jumlah LHR dengan asumsi kendaraan melanggar dan tidak melanggar. Pada perhitungan jumlah kendaraan melanggar dan tidak melanggar dihitung dari persentase kendaraan melanggar dan tidak melanggar yang terjadi di jembatan timbang.

Tabel 5.33 Persentase Kendaraan Melanggar dan Tidak Melanggar yang Terjadi di Jembatan Timbang

Gol.	Klasifikasi Kendaraan	JBK (Ton)	Jumlah Kendaraan (kend/hari)	Melanggar (kend/hari)	% Melanggar	% Tidak melanggar
4	Pick-up, Micro truck	2	14	5	35,7	64,29
6a	Truck ringan 2 sumbu	8,3	83	26	31,3	68,67
6b	Truck sedang 2 sumbu	16	46	7	15,2	84,78
7a	Truk 3 sumbu	24	72	54	75,0	25,00
7b	Truck Gandeng	40	7	6	85,7	14,29

(Sumber : Hasil Survey Lapangan, 2018)

Dari Tabel 5.33 diketahui kendaraan golongan 4 yang masuk di jembatan timbang berjumlah 14 kendaraan/hari dan dari 14 kendaraan yang melakukan pelanggaran muatan berjumlah 5 kendaraan. Maka presentase kendaraan yang melanggar pada golongan 4 sebesar 35,71%. Pada kendaraan golongan 6a presentase kendaraan yang melanggar sebesar 31,52%, golongan 6b presentase kendaraan yang melanggar sebesar 15,38%, golongan 7a presentase kendaraan yang melanggar sebesar 75%, dan golongan 7b presentase kendaraan yang melanggar sebesar 85,71%.

Berikut perhitungan asumsi jumlah kendaraan melanggar dan tidak melanggar dari setiap jenis kendaraan pada LHR tahun pertama yaitu 2015.

- Perhitungan asumsi jumlah kendaraan yang melanggar.

$$\begin{aligned}
 \text{Golongan 4} &= \text{LHR}_{\text{jenis kendaraan}} \times \text{Persentase} \\
 &= 1189 \times 0,3571 \\
 &= 425 \text{ kendaraan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Golongan 6a} &= 743 \times 0,3152 \\
 &= 233 \text{ kendaraan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Golongan 6b} &= 2149 \times 0,1538 \\
 &= 327 \text{ kendaraan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Golongan 7a} &= 695 \times 0,75 \\ &= 521 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Golongan 7b} &= 89 \times 0,8571 \\ &= 76 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

2. Perhitungan asumsi jumlah kendaraan yang tidak melanggar.

$$\begin{aligned} \text{Golongan 4} &= \text{LHR}_{\text{jenis kendaraan}} - \text{Jumlah kendaraan melanggar} \\ &= 1189 - 425 \\ &= 764 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Golongan 6a} &= 743 - 233 \\ &= 510 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Golongan 6b} &= 2149 - 327 \\ &= 1822 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Golongan 7a} &= 695 - 521 \\ &= 174 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Golongan 7b} &= 89 - 76 \\ &= 13 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan asumsi jumlah kendaraan melanggar dan tidak melanggar dari masing-masing jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.34.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Asumsi Jumlah Kendaraan Melanggar dan Tidak

Gol.	Jumlah kendaraan	Melanggar	Melanggar %	LHR 2015	Jumlah Melanggar	Jumlah tidak Melanggar
3	0	0	0	3039	0	3039
4	14	5	35,7	1189	425	764
5a	0	0	0	336	0	336
5b	0	0	0	906	0	906
6a	83	26	31,3	743	233	510
6b	46	7	15,2	2140	327	1822
7a	72	53	75	695	521	174
7b	7	6	85,7	89	76	13
7c	0	0	0	86	0	86

Dalam menghitung nilai *ESA* (*equivalent standard axle*) atau lintasan sumbu standar ekivalen menggunakan angka ekivalen (*VDF*) beban berlebih untuk kendaraan yang melanggar, sedangkan untuk kendaraan yang tidak melanggar muatan berlebih menggunakan angka ekivalen standar pada Tabel 5.32. Perhitungan nilai *CESA* kendaraan tidak melanggar muatan menggunakan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6 dengan data yang diperlukan yaitu jumlah LHR dan nilai faktor ekivalen (*VDF*) *overload*. Berikut contoh perhitungan nilai *CESA* kendaraan melanggar muatan dengan angka LHR tahun 2015.

a. Golongan 4

$$\begin{aligned}
 ESA &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times VDF \times \text{Faktor Distribusi} \\
 &= 425 \times 0,0012 \times 0,5 \\
 &= 0,248
 \end{aligned}$$

b. Golongan 6a

$$\begin{aligned}
 ESA &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times VDF \times \text{Faktor Distribusi} \\
 &= 233 \times 0,3356 \times 0,5 \\
 &= 39,050
 \end{aligned}$$

c. Golongan 6b

$$\begin{aligned}
 ESA &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times VDF \times \text{Faktor Distribusi} \\
 &= 327 \times 3,8046 \times 0,5 \\
 &= 622,100
 \end{aligned}$$

d. Golongan 7a

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \\ &= 521 \times 10,9324 \times 0,5 \\ &= 2849,259 \end{aligned}$$

e. Golongan 7b

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \\ &= 76 \times 13,1811 \times 0,5 \\ &= 502,765 \end{aligned}$$

f. Nilai $\sum \text{ESAL} 2015 = 4013,422$

$$\begin{aligned} \text{g. Nilai } \text{CESA} 2015 &= \sum \text{LHR} \times \text{VDF} \times \text{DL} \times R \times 365 \\ &= 4013,422 \times \frac{(1+0,0629)^1 - 1}{0,0629} \times 365 \\ &= 1464899 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan nilai *CESA* kendaraan melanggar muatan dapat dilihat pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35 Rekapitulasi Perhitungan Nilai *CESA* Melanggar Tahun 2015

Golongan	Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
4	Pick-up, Micro truck	425	0,0012	0,5	0,248
6a	Truck Ringan 2 sumbu	233	0,3356	0,5	39,050
6b	Truck Berat 2 sumbu	327	10,9320	0,5	622,100
7a	Truk 3 sumbu	521	10,9027	0,5	2849,259
7b	Truck Gandeng	76	13,1811	0,5	502,765
Jumlah					4013,422
<i>CESA</i> 2015 Melanggar					1464899

Perhitungan nilai *CESA* kendaraan tidak melanggar muatan menggunakan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6 dengan data yang diperlukan yaitu jumlah LHR dan nilai faktor ekivalen (*VDF*) normal . Berikut contoh perhitungan nilai *CESA* kendaraan tidak melanggar muatan dengan angka LHR tahun 2015.

a. Golongan 3

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \\ &= 3039 \times 0,0007 \times 0,5 \\ &= 1,114 \end{aligned}$$

b. Golongan 4

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \\ &= 764 \times 0,0007 \times 0,5 \\ &= 0,280 \end{aligned}$$

c. Golongan 5a

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \\ &= 336 \times 0,0594 \times 0,5 \\ &= 9,974 \end{aligned}$$

d. Golongan 5b

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \\ &= 906 \times 0,3006 \times 0,5 \\ &= 136,157 \end{aligned}$$

e. Golongan 6a

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \\ &= 510 \times 0,2174 \times 0,5 \\ &= 55,468 \end{aligned}$$

f. Golongan 6b

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \\ &= 1822 \times 3,0023 \times 0,5 \\ &= 2735,050 \end{aligned}$$

g. Golongan 7a

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \\ &= 174 \times 2,7416 \times 0,5 \\ &= 238,174 \end{aligned}$$

h. Golongan 7b

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \\ &= 13 \times 6,7528 \times 0,5 \\ &= 42,928 \end{aligned}$$

i. Golongan 7c

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \\ &= 86 \times 10,2923 \times 0,5 \\ &= 442,569 \end{aligned}$$

h. Nilai $\sum \text{ESAL}$ 2015 = 3661,715

$$\begin{aligned} \text{i. Nilai } \text{CESA} \text{ 2015} &= \sum \text{LHR} \times \text{VDF} \times \text{DL} \times R \times 365 \\ &= 3661,715 \times \frac{(1+0,0629)^1-1}{0,0629} \times 365 \\ &= 1336526 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan nilai *CESA* kendaraan tidak melanggar muatan dapat dilihat pada Tabel 5.36.

Tabel 5.36 Rekapitulasi Perhitungan Nilai *CESA* Tidak Melanggar Tahun 2015

Golongan	Klasifikasi Kendaraan	LHR	VDF	DL	ESA
3	Mobil Penumpang	3039	0,0007	0,5	1,114
4	Pick-up, Micro truck	764	0,0007	0,5	0,280
5a	Bus Kecil	336	0,0594	0,5	9,974
5b	Bus Besar	906	0,3006	0,5	136,157
6a	Truck Ringan 2 sumbu	510	0,2174	0,5	55,468
6b	Truck Berat 2 sumbu	1822	3,0023	0,5	2735,050
7a	Truk 3 sumbu	174	2,7416	0,5	238,174
7b	Truck Gandeng	13	6,7528	0,5	42,928
7c	Truck Semi Trailer	86	10,2923	0,5	442,569
Jumlah					3661,715
<i>CESA</i> 2015 Tidak Melanggar					1336526

$$\begin{aligned} \text{Nilai } \text{CESA} \text{ Total Tahun 2015} &= \text{CESA Melanggar} + \text{CESA Tidak Melanggar} \\ &= 1464899 + 1336526 = 2801425 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan nilai *CESA* beban berlebih kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.36.

Tabel 5.37 Rekapitulasi Perhitungan Nilai *CESA Overload* Tahun 2015

Klasifikasi Kendaraan	LHR		ESA		Jumlah
	*M	*TM	*M	*TM	
Golongan 3		3039		1,114	1,43408
Golongan 4	425	764	0,248	0,280	0,35191
Golongan 5a		336		9,974	2,84983
Golongan 5b		906		136,157	92,42456
Golongan 6a	233	510	39,050	55,468	25,56933
Golongan 6b	327	1822	622,100	2735,050	2479,19867
Golongan 7a	521	174	2849,259	238,174	1377,12859
Golongan 7b	76	13	502,765	42,928	410,80322
Golongan 7c		86		442,569	545,49170
Jumlah			4013,422	3661,715	4935,25189
<i>CESA</i> Tahun 2015					2801425

Keterangan : *M = Melanggar, *TM = Melanggar

Dengan menggunakan cara yang sama, dicari nilai *CESA* tahun berikutnya sampai dengan umur rencana 10 tahun , yaitu pada tahun 2024. Rekapitulasi perhitungan nilai *CESA* untuk tahun 2015 – 2024 seperti pada Tabel 5.37 sampai Tabel 5.48 berikut ini.

Tabel 5.38 Rekapitulasi Perhitungan Nilai *CESA Overload* Tahun 2016

Klasifikasi Kendaraan	LHR		ESA		Jumlah ESA
	*M	*TM	*M	*TM	
Golongan 3		656		0,240	0,240
Golongan 4	483	869	0,281	0,318	0,600
Golongan 5a		196		5,818	5,818
Golongan 5b		662		99,488	99,488
Golongan 6a	233	512	39,155	55,617	94,772
Golongan 6b	256	1424	486,043	2136,877	2622,920
Golongan 7a	423	141	2312,205	193,281	2505,486
Golongan 7b	114	19	751,324	64,151	815,475
Golongan 7c		173		890,284	890,284
Jumlah			3589,007	3446,075	7035,083
<i>CESA</i> Tahun 2016					5297136

Keterangan : *M = Melanggar, *TM = Melanggar

Tabel 5.39 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Overload Tahun 2017

Klasifikasi Kendaraan	LHR		ESA		Jumlah ESA
	*M	*TM	*M	*TM	
Golongan 3		3039		1,114	1,114
Golongan 4	425	764	0,248	0,280	0,528
Golongan 5a		336		9,974	9,974
Golongan 5b		906		136,157	136,157
Golongan 6a	233	510	39,050	55,468	94,517
Golongan 6b	327	1822	622,100	2735,050	3357,151
Golongan 7a	521	174	2849,259	238,174	3087,433
Golongan 7b	76	13	502,765	42,928	545,694
Golongan 7c		86		442,569	442,569
Jumlah			4013,422	3661,715	7675,137
CESA Tahun 2017					8944025

Keterangan : *M = Melanggar, *TM = Melanggar

Tabel 5.40 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Overload Tahun 2018

Klasifikasi Kendaraan	LHR		ESA		Jumlah ESA
	*M	*TM	*M	*TM	
Golongan 3		2793		1,024	1,024
Golongan 4	486	875	0,283	0,321	0,604
Golongan 5a		510		15,144	15,144
Golongan 5b		1031		154,926	154,926
Golongan 6a	360	789	60,379	85,764	146,142
Golongan 6b	362	2016	688,251	3025,881	3714,132
Golongan 7a	682	227	3729,120	311,723	4040,843
Golongan 7b	84	14	552,676	47,190	599,866
Golongan 7c		80		412,773	412,773
Jumlah			5030,709	4054,746	9085,454
CESA Tahun 2018					14569691

Keterangan : *M = Melanggar, *TM = Melanggar

Tabel 5.41 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Overload Tahun 2019

Klasifikasi Kendaraan	LHR		ESA		Jumlah ESA
	*M	*TM	*M	*TM	
Golongan 3		2568		0,941	0,941
Golongan 4	556	1001	0,324	0,367	0,691
Golongan 5a		775		22,993	22,993
Golongan 5b		1173		176,282	176,282
Golongan 6a	556	1220	93,357	132,608	225,965
Golongan 6b	400	2230	761,436	3347,637	4109,073
Golongan 7a	893	298	4880,684	407,984	5288,669
Golongan 7b	92	15	607,541	51,875	659,416
Golongan 7c		75		384,984	384,984
Jumlah			6343,342	4525,671	10869,013
CESA Tahun 2019					22493458

Keterangan : *M = Melanggar, *TM = Melanggar

Tabel 5.42 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Overload Tahun 2020

Klasifikasi Kendaraan	LHR		ESA		Jumlah ESA
	*M	*TM	*M	*TM	
Golongan 3		2360		0,865	0,865
Golongan 4	637	1146	0,371	0,420	0,791
Golongan 5a		1176		34,910	34,910
Golongan 5b		1335		200,583	200,583
Golongan 6a	860	1886	144,348	205,037	349,386
Golongan 6b	443	2467	842,403	3703,606	4546,009
Golongan 7a	1169	390	6387,856	533,971	6921,827
Golongan 7b	101	17	667,853	57,024	724,877
Golongan 7c		70		359,065	359,065
Jumlah			8042,830	5095,482	13138,313
CESA Tahun 2020					33695618

Keterangan : *M = Melanggar, *TM = Melanggar

Tabel 5.43 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Overload Tahun 2021

Klasifikasi Kendaraan	LHR		ESA		Jumlah ESA
	*M	*TM	*M	*TM	
Golongan 3		2169		0,795	0,795
Golongan 4	729	1312	0,425	0,481	0,905
Golongan 5a		1786		53,004	53,004
Golongan 5b		1519		228,233	228,233
Golongan 6a	1330	2916	223,190	317,028	540,218
Golongan 6b	490	2730	931,979	4097,428	5029,407
Golongan 7a	1529	510	8360,446	698,863	9059,309
Golongan 7b	111	19	734,152	62,685	796,837
Golongan 7c		65		334,892	334,892
Jumlah			10250,192	5793,408	16043,600
CESA Tahun 2021					49590983

Keterangan : *M = Melanggar, *TM = Melanggar

Tabel 5.44 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Overload Tahun 2022

Klasifikasi Kendaraan	LHR		ESA		Jumlah ESA
	*M	*TM	*M	*TM	
Golongan 3		1994		0,731	0,731
Golongan 4	834	1501	0,486	0,550	1,036
Golongan 5a		2711		80,476	80,476
Golongan 5b		1728		259,694	259,694
Golongan 6a	2057	4509	345,096	490,187	835,283
Golongan 6b	542	3020	1031,081	4533,126	5564,207
Golongan 7a	2002	667	10942,179	914,674	11856,854
Golongan 7b	122	20	807,032	68,908	875,940
Golongan 7c		61		312,345	312,345
Jumlah			13125,875	6660,692	19786,566
CESA Tahun 2022					72229894

Keterangan : *M = Melanggar, *TM = Melanggar

Tabel 5.45 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Overload Tahun 2023

Klasifikasi Kendaraan	LHR		ESA		Jumlah ESA
	*M	*TM	*M	*TM	
Golongan 3		1833		0,672	0,672
Golongan 4	955	1718	0,556	0,630	1,186
Golongan 5a		4116		122,186	122,186
Golongan 5b		1966		295,493	295,493
Golongan 6a	3180	6972	533,586	757,924	1291,510
Golongan 6b	600	3341	1140,721	5015,154	6155,875
Golongan 7a	2620	873	14321,160	1197,129	15518,289
Golongan 7b	135	22	887,148	75,749	962,896
Golongan 7c		57		291,317	291,317
Jumlah			16883,170	7756,253	24639,423
CESA Tahun 2023					104596325

Keterangan : *M = Melanggar, *TM = Melanggar

Tabel 5.46 Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA Overload Tahun 2024

Klasifikasi Kendaraan	LHR		ESA		Jumlah ESA
	*M	*TM	*M	*TM	
Golongan 3		1685		0,618	0,618
Golongan 4	1093	3059	0,637	1,121	1,758
Golongan 5a		6249		185,515	185,515
Golongan 5b		2237		336,226	336,226
Golongan 6a	4917	15698	825,027	1706,448	2531,476
Golongan 6b	663	4360	1262,019	6544,313	7806,331
Golongan 7a	3429	4572	18743,581	6267,223	25010,804
Golongan 7b	148	173	975,216	582,878	1558,094
Golongan 7c		53		271,704	271,704
Jumlah			21806,480	15896,046	37702,526
CESA Tahun 2024					183879503

Keterangan : *M = Melanggar, *TM = Melanggar

Tabel 5.47 Rekapitulasi Nilai *ESA* dan Nilai *CESA Overload* Selama Umur Rencana

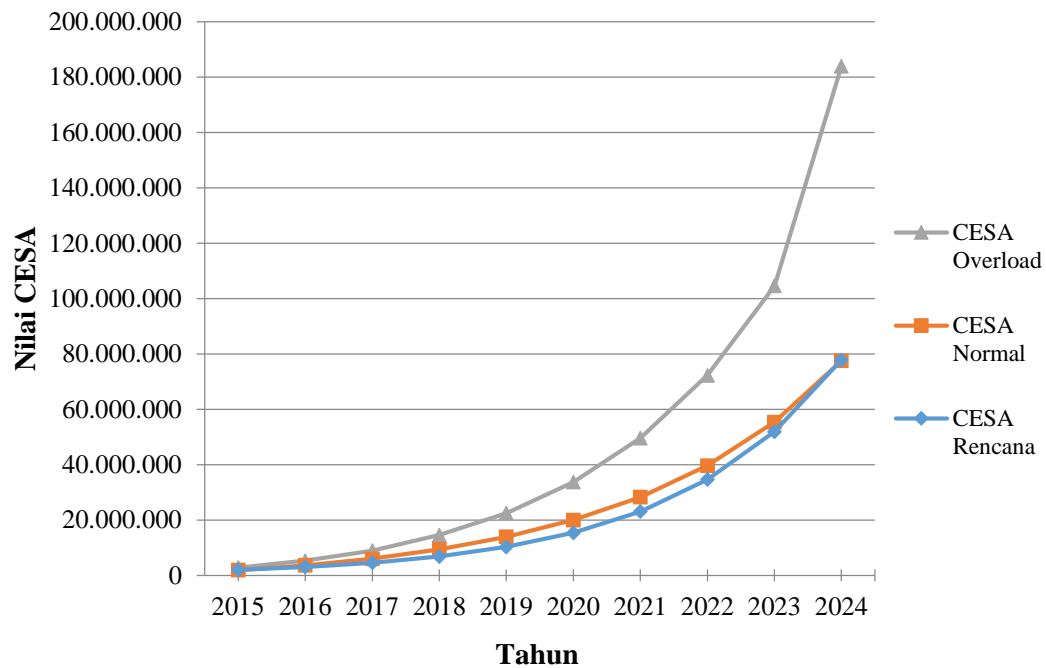
Tahun	<i>ESA</i>	<i>CESA Overload</i>
2015	4935,252	2801425
2016	7035,083	5297136
2017	7675,137	8944025
2018	9085,454	14569691
2019	10869,013	22493458
2020	13138,313	33695618
2021	16043,600	49590983
2022	19786,566	72229894
2023	24639,423	104596325
2024	37702,526	183879503

Perbandingan hasil perhitungan *CESA* Rencana, *CESA* Normal dan *CESA Overload* dapat dilihat pada Tabel 5.48.

Tabel 5.48 Perbandingan Nilai *CESA* Rencana , Nilai *CESA* Normal dan Nilai *CESA Overload*

Tahun	<i>CESA</i>		
	Rencana	Normal	Overload
2015	2024555	1879812	2801425
2016	3036832	3629203	5297136
2017	4555248	6001619	8944025
2018	6832872	9389981	14569691
2019	10249308	13912070	22493458
2020	15373962	19999532	33695618
2021	23060944	28271705	49590983
2022	34591415	39628202	72229894
2023	51887123	55391315	104596325
2024	77830685	77526821	183879503

Perbandingan hasil perhitungan *CESA* Rencana, *CESA* Normal dan *CESA Overload* dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut ini.



Gambar 5.11 Perbandingan Nilai *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)*

5.2.5 Analisis Umur Sisa Perkerasana

Seharusnya masa layan jalan akan habis sesuai dengan umur rencana yang sudah direncanakan, namun tidak bisa dipungkiri bahwa kendaraan yang melintas terkadang membawa beban yang melebihi ambang batas.

1. Nilai *Remaining Life* Rencana

Perhitungan nilai *RL* menggunakan Persamaan 3.9, dengan menggunakan data nilai *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* tahun pertama dibagi dengan nilai *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* tahun terakhir dari umur rencana (Tabel 5.17) nilai *RL* juga dihitung setiap tahun selama umur rencana,

Diketahui :

$$N_p = \text{CESA rencana 2015} = 2024555 \text{ ESA}$$

$$N_{1,5} = \text{CESA rencana 2024} = 77830685 \text{ ESA}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai RL} &= 100 \times \left(1 - \frac{N_p}{N_{1,5}}\right) \\
 &= 100 \times \left(1 - \frac{2024555}{77830685}\right) \\
 &= 97,40 \%
 \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan *remaining life* rencana untuk tahun 2015 – 2024 seperti pada Tabel 5.49 di bawah ini.

Tabel 5.49 Rekapitulasi Perhitungan *Remaining Life* Rencana

Tahun	N _p	N _{1,5}	<i>Remaining life</i> (%)
2015	2024555	77830685	97,40
2016	3036832	77830685	96,10
2017	4555248	77830685	94,15
2018	6832872	77830685	91,22
2019	10249308	77830685	86,83
2020	15373962	77830685	80,25
2021	23060944	77830685	70,37
2022	34591415	77830685	55,56
2023	51887123	77830685	33,33
2024	77830685	77830685	0,00

2. Nilai *Remaining Life* Normal

Perhitungan nilai RL menggunakan Persamaan 3.9 , dengan menggunakan data nilai *Cunulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* tahun pertama normal dibagi dengan nilai *Cunulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* tahun terakhir dari umur rencana, berikut contoh perhitungan RL di tahun pertama.

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 N_p &= \text{CESA Normal 2015} &= 1879812 \text{ ESA} \\
 N_{1,5} &= \text{CESA Rencana 2024} &= 77830685 \text{ ESA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai RL} &= 100 \times \left(1 - \frac{N_p}{N_{1,5}}\right) \\
 &= 100 \times \left(1 - \frac{1879812}{77830685}\right) \\
 &= 97,58 \%
 \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan *remaining life overload* untuk tahun 2015 – 2024 seperti pada Tabel 5.50 di bawah ini.

Tabel 5. 50 Rekapitulasi Perhitungan *Remaining life Normal*

Tahun	N _p	N _{1,5}	<i>Remaining life</i> (%)
2015	1879812	77830685	97,58
2016	3629203	77830685	95,34
2017	6001619	77830685	92,29
2018	9389981	77830685	87,94
2019	13912070	77830685	82,13
2020	19999532	77830685	74,30
2021	28271705	77830685	63,68
2022	39628202	77830685	49,08
2023	55391315	77830685	28,83
2024	77526821	77830685	0,39

3. Nilai *Remaining Life Normal*

Perhitungan nilai *RL* menggunakan Persamaan 3.9 , dengan menggunakan data nilai *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* tahun pertama *overload* dibagi dengan nilai *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* tahun terakhir dari umur rencana, berikut contoh perhitungan *RL* di tahun pertama.

Diketahui :

$$\begin{aligned} N_p &= \text{CESA overload 2015} &= 2801425 \text{ ESA} \\ N_{1,5} &= \text{CESA rencana 2024} &= 77830685 \text{ ESA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai RL} &= 100 \times \left(1 - \frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \\ &= 100 \times \left(1 - \frac{2801425}{77830685} \right) \\ &= 96,40 \% \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan *remaining life overload* untuk tahun 2015 – 2024 seperti pada Tabel 5.51 di bawah ini.

Tabel 5. 51 Rekapitulasi Perhitungan *Remaining life Overload*

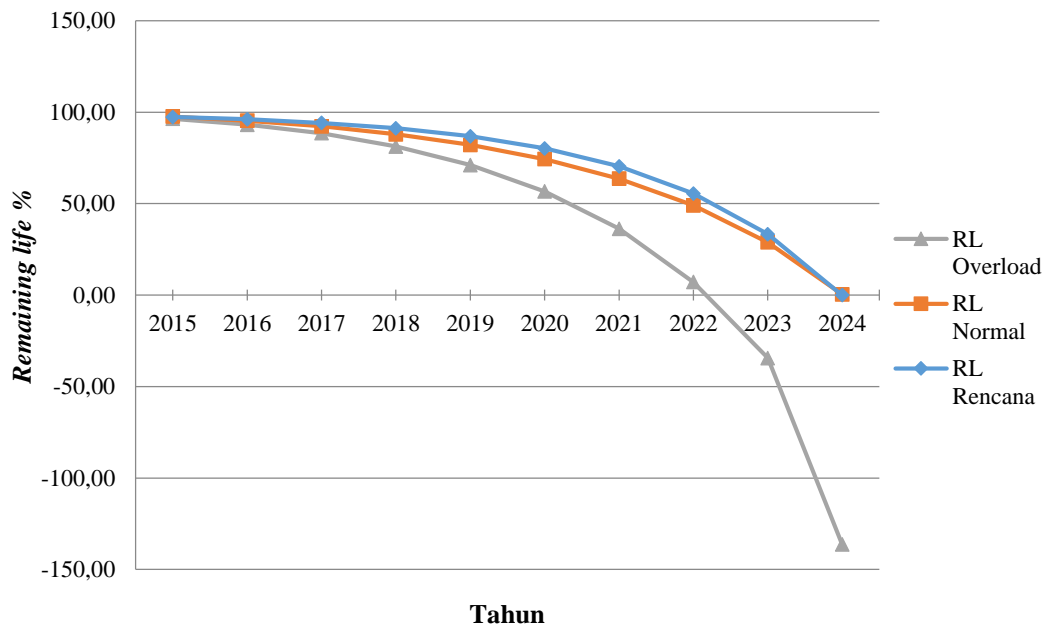
Tahun	Np	N1,5	<i>Remaining life</i> (%)
2015	2801425	77830685	96,40
2016	5297136	77830685	93,19
2017	8944025	77830685	88,51
2018	14569691	77830685	81,28
2019	22493458	77830685	71,10
2020	33695618	77830685	56,71
2021	49590983	77830685	36,28
2022	72229894	77830685	7,20
2023	104596325	77830685	-34,39
2024	183879503	77830685	-136,26

Berdasarkan perhitungan penyusutan umur sisa perkerasan dapat dibandingkan antara sisa perkerasan keadaan normal dengan sisa perkerasan yang terkena dampak *overload*. Berikut Tabel 5.52 perbandingan nilai *RL* rencana, nilai *RL* normal dan nilai *RL overload*.

Tabel 5.52 Perbandingan Nilai *RL* Rencana, *RL* Normal dan *RL Overload*

Tahun	<i>RL</i> Rencana (%)	<i>RL</i> Normal (%)	<i>RL Overload</i> (%)
2015	97,40	97,58	96,40
2016	96,10	95,34	93,19
2017	94,15	92,29	88,51
2018	91,22	87,94	81,28
2019	86,83	82,13	71,10
2020	80,25	74,30	56,71
2021	70,37	63,68	36,28
2022	55,56	49,08	7,20
2023	33,33	28,83	-34,39
2024	0,00	0,39	-136,26

Dari Tabel 5.52 di atas dapat dilihat perbandingan nilai *RL* Rencana, *RL* Normal dan *RL Overload* seperti Gambar 5.12 di bawah.



Gambar 5. 12 Perbandingan Nilai *Remaining Life* Rencana, Nilai *Remaining Life* Normal dan Nilai *Remaining Life* Overload

Rekapitulasi hasil perhitungan *CESA* setiap tahun dengan masing-masing skenario dapat dilihat pada Tabel 5.12. Terlihat bahwa nilai *CESA* Rencana pada akhir umur rencana adalah sebesar 77830685 ESAL, nilai *CESA* Normal sebesar 77526821 ESAL, dan nilai *CESA* Overload sebesar 183879503 ESAL.

Dari grafik tersebut dapat diketahui nilai *remaining life* beban berlebih (*overloading*) pada saat persentase 0% terjadi di antara tahun ke-8 dan tahun ke-9, Pada tahun ke-8 persentase *remaining life* adalah 7,20%, pada tahun ke-9 persentase *remaining life* adalah -34,39%. Sehingga perhitungannya seperti berikut.

$$\frac{7,20\% + 34,39\%}{9 - 8} = \frac{7,20\%}{x}$$

$$x = \frac{7,20\%}{7,20\% + 34,39\%} \times (9 - 8)$$

$$x = 0,17$$

Sehingga umur perkerasaan pada saat nilai persentase nilai *remaining life* mencapai 0% adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai umur perkerasan} &= 8 + x \\
 &= 8 + 0,17 \\
 &= 8,17 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas diperoleh terjadinya penurunan umur rencana akibat muatan berlebih yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Penurunan umur perkerasan} &= 10 - 8,17 \\
 &= 1,83 \text{ tahun} \\
 &= 18,3\%
 \end{aligned}$$

Jika diasumsikan nilai *CESA* Rencana sebagai batasan akhir umur perkerasan jalan pada *CESA Overload*, dengan cara interpolasi maka nilai *CESA* 77830685 ESAL akan tercapai pada 8,17 tahun dengan kondisi kendaraan *overloading*. Dan didapatkan adanya pengurangan umur perkerasan jalan sebesar 1,83 tahun atau 18,3 % terhadap umur rencana jalan.

5.3 Pembahasan

Dengan adanya kenaikan nilai ekivalen kendaraan akan mempengaruhi capaian nilai *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)*. Umur rencana perbaikan perkerasan jalan adalah 10 tahun dengan nilai *CESA* tahun ke-10 sebesar 77830685 ESAL dalam keadaan beban kendaraan normal. Dalam keadaan beban berlebih (*overloading*) kendaraan nilai *CESA* tahun ke-10 sebesar 183879503 ESAL lebih besar dibandingkan dengan nilai *CESA* rencana. Jika dianggap nilai *CESA* Rencana sebagai batasan akhir masa layan pada *CESA Overload*, nilai *CESA* Rencana 77830685 ESAL akan tercapai pada 8,14 tahun. Dan didapatkan adanya penurunan umur perkerasan jalan sebesar 1,86 tahun terhadap umur rencana jalan.