

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Data

4.1.1. Data Beban Berlebih (*Overload*)

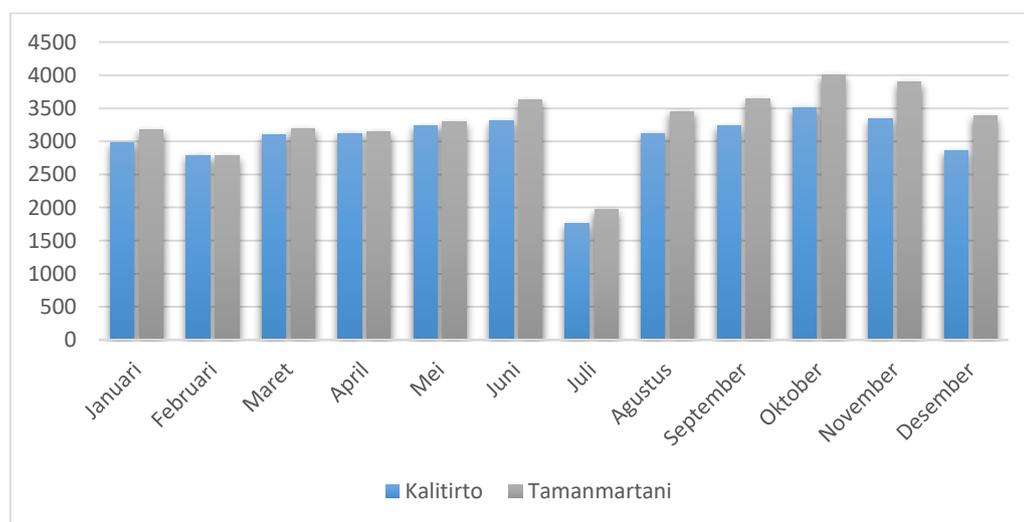
Berdasarkan hasil pengumpulan data dan survei yang dilakukan oleh Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta pada jembatan timbang Kalitirto dan Taman Martani yang terdapat di ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta Km 9 s/d 15 pada tahun 2015 didapatkan data bahwa masih banyak kendaraan angkutan barang yang membawa beban melebihi Muatan Sumbu Terberat (MST) pada kurun waktu satu tahun ini. Data jumlah kendaraan yang melakukan pelanggaran dan tidak melakukan pelanggaran pada jembatan timbang Kalitirto dan Taman Martani disajikan dalam Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Sedangkan diagram jumlah pelanggaran yang terjadi pada kedua jembatan timbang disajikan pada Gambar 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Data Kendaraan Yang Melakukan Pelanggaran Pada Jembatan Timbang Kalitorto Tahun 2015 (Dinas Perhubungan DIY Bidang Angkutan Darat, 2015)

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

Tabel 4.2 Data Kendaraan Yang Melakukan Pelanggaran Pada Jembatan Timbang Taman Martani Tahun 2015 (Dinas Perhubungan DIY Bidang Angkutan Darat, 2015)

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



Gambar 4.1 Diagram Rekapitulasi Jumlah Pelanggaran Pada Jembatan Timbang Kalitirto Dan Taman Martani Periode Januari – Desember 2015

Berdasarkan hasil rekapitulasi jumlah pelanggaran beban berlebih (*Overload*) yang terjadi pada kedua jembatan timbang didapatkan hasil bahwa, pelanggaran yang terjadi pada Jembatan timbang Taman Martani lebih tinggi dibandingkan dengan yang terjadi pada jembatan timbang Kalitirto. Dengan jumlah total pelanggaran yang terjadi pada jembatan timbang Taman Martani sebesar 39.550 kendaraan sedangkan total pelanggaran yang terjadi pada jembatan timbang Kalitirto sebesar 36.344 kendaraan. Hal ini berarti jumlah kendaraan *Overload* yang melalui ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta Km 9-15 ke arah Solo lebih besar dibandingkan dengan ke arah Yogyakarta.

Dari hasil rekapitulasi jumlah pelanggaran yang terjadi pada kedua jembatan timbang maka dapat diketahui jumlah persentase pelanggaran setiap golongan berdasarkan Jumlah Berat Diizinkan (JBI). Perhitungan persentase pelanggaran dapat diketahui dengan cara membagi jumlah kendaraan yang melanggar JBI setiap golongan dengan total jumlah kendaraan yang melakukan pelanggaran dikali dengan 100%. Contoh perhitungan persentase pelanggaran beban berlebih (*Overload*) pada jembatan timbang Kalitirto adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ Pelanggaran Golongan I} &= \frac{\text{Jumlah kendaraan yang melanggar setiap golongan}}{\text{Total jumlah pelanggar seluruh golongan}} \\ &= \frac{8650}{36344} \times 100\% \\ &= 23,8\% \end{aligned}$$

Data pelanggaran yang dilakukan angkutan barang untuk setiap golongan berdasarkan JBI disajikan dalam Tabel 4.3. Sedangkan untuk persentase pelanggaran yang dilakukan angkutan barang untuk setiap golongan berdasarkan JBI disajikan dalam Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.3 Data Pelanggaran Setiap Golongan Kendaraan Berdasarkan JBI kendaraan Pada Kedua Jembatan Timbang (Dinas Perhubungan DIY Bidang Angkutan Darat, 2015)

No.	Golongan	JBI Kendaraan	Jumlah	
			Kalitirto	Taman Martani
1	I	JBI < 8 ton	8650	11780
2	II	8 ton ≤ JBI ≤ 14 ton	13723	13894

Tabel 4.3 Lanjutan

3	III	14 ton < JBI ≤ 21 ton	6992	7302
4	IV	21 ton < JBI ≤ 28 ton	5564	5871

Tabel 4.4 Persentase Pelanggaran Yang Dilakukan Angkutan Barang Untuk Setiap Golongan Berdasarkan JBI

No.	Golongan	JBI Kendaraan	Presentase (%)		Rata-Rata (%)
			Kalitirto	Taman Martani	
1	I	JBI < 8 ton	23.8	29.8	26.8
2	II	8 ton ≤ JBI ≤ 14 ton	37.8	35.1	36.4
3	III	14 ton < JBI ≤ 21 ton	19.2	18.5	18.9
4	IV	21 ton < JBI ≤ 28 ton	15.3	14.8	15.1

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa persentase pelanggaran rata-rata yang terjadi pada kedua jembatan timbang didapatkan hasil bahwa, untuk golongan I terjadi pelanggaran sebesar 26,8%, golongan II sebesar 36,4%, golongan III sebesar 18,9%, dan golongan IV sebesar 15,1%. Persentase kendaraan yang melakukan pelanggaran paling besar yaitu pada kendaraan golongan II, dan persentase kendaraan yang melakukan pelanggaran paling kecil yaitu pada kendaraan golongan IV.

Dari hasil survei beban berlebih yang dilakukan pada jembatan timbang Kalitirto dan Tamanmartani didapatkan hasil angkutan barang yang membawa beban yang melebihi ketentuan Jumlah beban yang diizinkan (JBI) disajikan pada Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Hasil Survei Angkutan Yang Melebihi Ketentuan Jumlah Beban Yang Diizinkan (JBI)

No	Golongan (JBI)	JBI Kendaraan	Jumlah		Rata-Rata
			Kendaraan yang melanggar	Beban Berlebih (Kg)	Beban Berlebih (Kg)
1	I	JBI < 8 Ton	65	144.300	2.220
2	II	8 Ton ≤ JBI ≤ 14 Ton	23	116.816	5.079
3	III	14 Ton ≤ JBI ≤ 21 Ton	19	280.969	14.788
4	IV	21 Ton ≤ JBI ≤ 28 Ton	24	410.820	17.118

4.2. Desain Perkerasan Jalan Menggunakan Metode *Austroads*

4.2.1. Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Dalam perencanaan tebal perkerasan pada ruas Jalan Raya Solo – Yogyakarta dengan menggunakan metode *Austroads* maka dibutuhkan data Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang diambil dari hasil survei yang dilakukan oleh Bina Marga dari tahun 2014 s/d 2018. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data LHR pada tahun 2018 dua arah yang dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.6 Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata Dua Arah Pada Ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Bina Marga, 2014)

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (Kendaraan/Hari)		
		2016	2017	2018
2	Sedan/Jeep	32305	29319	35787
3	Angkutan Umum Non Bus	1014	1532	708
4	Mobil Hantaran	3532	3690	2636

Tabel 4.6 Lanjutan

5a	Bus Kecil	569	607	470
5b	Bus Besar	874	1638	1240
6a	Truk 2 As (Kecil)	732	1151	514
6b	Truk 2 As (Besar)	1688	2538	1305
7a	Truk 3 As	416	690	484
7b	Truk Gandeng	44	195	93
7c	Truk Trailer	53	118	64
Jumlah		41227	41478	43301

4.2.2. Perhitungan Nilai ESA

Perhitungan nilai ESA dilakukan untuk setiap golongan kendaraan, mulai dari kendaraan Golongan 2 sampai kendaraan golongan 7c. Perhitungan nilai ESA untuk beban standar dan beban berlebih (Overload) dapat dilihat dibawah ini.

a. Perhitungan nilai ESA untuk beban standar

$$ESA = \left[\frac{Lij}{LSi} \right]^4$$

Dengan:

Lij = Tingkat beban ke J pada jenis sumbu i [Ton]

LSi = Tingkat beban standar pada jenis sumbu i [Ton] (Tabel 4.7)

1) Mobil penumpang (Golongan 2)

Beban = 2 Ton

$$\begin{aligned} ESA &= \left[\frac{2 \times 50\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{2 \times 50\%}{5,4} \right]^4 \\ &= 0,0024 \end{aligned}$$

2) Angkutan umum non bus (Golongan 3)

Beban = 2 Ton

$$\begin{aligned} ESA &= \left[\frac{2 \times 50\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{2 \times 50\%}{5,4} \right]^4 \\ &= 0,0024 \end{aligned}$$

3) Mobil hantaran (Golongan 4)

$$\text{Beban} = 5,3 \text{ Ton}$$

$$\text{ESA} = \left[\frac{5,3 \times 34\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{5,3 \times 66\%}{5,4} \right]^4$$

$$= 0,1885$$

4) Bus kecil (Golongan 5a)

$$\text{Beban} = 8 \text{ Ton}$$

$$\text{ESA} = \left[\frac{8 \times 34\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{8 \times 66\%}{8,2} \right]^4$$

$$= 0,237$$

5) Bus besar (Golongan 5b)

$$\text{Beban} = 14,2 \text{ Ton}$$

$$\text{ESA} = \left[\frac{14,2 \times 34\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{14,2 \times 66\%}{8,2} \right]^4$$

$$= 2,3528$$

6) Truk 2 As kecil (Golongan 6a)

$$\text{Beban} = 8,3 \text{ Ton}$$

$$\text{ESA} = \left[\frac{8,3 \times 34\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{8,3 \times 66\%}{8,2} \right]^4$$

$$= 0,2746$$

7) Truk 2 As besar (Golongan 6b)

$$\text{Beban} = 15,1 \text{ Ton}$$

$$\text{ESA} = \left[\frac{15,1 \times 34\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{15,1 \times 66\%}{8,2} \right]^4$$

$$= 3,0084$$

8) Truk 3 As (Golongan 7a)

$$\text{Beban} = 26 \text{ Ton}$$

$$\text{ESA} = \left[\frac{26 \times 25\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{26 \times 75\%}{13,7} \right]^4$$

$$= 6,2038$$

9) Truk Gandeng (Golongan 7b)

$$\text{Beban} = 31,4 \text{ Ton}$$

$$\text{ESA} = \left[\frac{31,4 \times 18\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{31,4 \times 82\%}{18,5} \right]^4$$

$$= 4,9524$$

10) Truk Trailer (Golongan 7c)

$$\text{Beban} = 42 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \left[\frac{42 \times 18\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{42 \times 82\%}{18,5} \right]^4 \\ &= 15,85 \end{aligned}$$

Berikut ini hasil perhitungan nilai ESA untuk beban standar berdasarkan perhitungan diatas dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Nilai ESA Untuk Beban Standar

Golongan Kendaraan	Beban Standar (Ton)	Konfigurasi Beban (%)		Nilai ESA
		Depan	Belakang	
2	2	50	50	0,0024
3	2	50	50	0,0024
4	5.3	34	66	0,1885
5a	8	34	66	0,237
5b	14,2	34	66	2,3528
6a	8,3	34	66	0,2746
6b	15,1	34	66	3,0084
7a	26	25	75	6,2038
7b	31,4	18	82	4,9524
7c	42	18	82	15,85
Total				33,0723

b. Perhitungan nilai ESA untuk beban berlebih (*Overload*)

$$\text{Beban} = \text{Beban standar} + \text{rata-rata beban berlebih}$$

$$\text{ESA} = \left[\frac{L_{ij}}{L_{Si}} \right]^4$$

Dengan:

L_{ij} = Tingkat beban ke J pada jenis sumbu i [Ton]

L_{Si} = Tingkat beban standar pada jenis sumbu i [Ton] (Tabel 4.7)

1) Mobil hantaran (Golongan 4)

$$\text{Beban} = 5,3 \text{ Ton} + 2,22 \text{ Ton} = 7,52 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \left[\frac{7,52 \times 34\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{7,52 \times 66\%}{5,4} \right]^4 \\ &= 0,7639 \end{aligned}$$

2) Truk 2 As kecil (Golongan 6a)

$$\text{Beban} = 8,3 \text{ Ton} + 5,079 \text{ Ton} = 13,379 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \left[\frac{13,379 \times 34\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{13,379 \times 66\%}{8,2} \right]^4 \\ &= 1,8482 \end{aligned}$$

3) Truk 2 As besar (Golongan 6b)

$$\text{Beban} = 15,1 \text{ Ton} + 14,788 \text{ Ton} = 29,888 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \left[\frac{29,888 \times 34\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{29,888 \times 66\%}{8,2} \right]^4 \\ &= 46,0303 \end{aligned}$$

4) Truk 3 As (Golongan 7a)

$$\text{Beban} = 26 \text{ Ton} + 17,118 \text{ Ton} = 43,118 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \left[\frac{43,118 \times 25\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{43,118 \times 75\%}{13,7} \right]^4 \\ &= 46,9243 \end{aligned}$$

5) Truk Gandeng (Golongan 7b)

$$\text{Beban} = 31,4 \text{ Ton} + 17,118 \text{ Ton} = 48,518 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \left[\frac{48,518 \times 18\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{48,518 \times 82\%}{18,5} \right]^4 \\ &= 28,2296 \end{aligned}$$

6) Truk Trailer (Golongan 7c)

$$\text{Beban} = 42 \text{ Ton} + 17,118 \text{ Ton} = 59,118 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA} &= \left[\frac{59,118 \times 18\%}{5,4} \right]^4 + \left[\frac{59,118 \times 82\%}{18,5} \right]^4 \\ &= 62,226 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai ESA untuk beban berlebih (*Overload*) berdasarkan perhitungan diatas dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Nilai ESA Untuk Beban Berlebih

Golongan Kendaraan	Beban Standar (Ton)	Konfigurasi Beban (%)		Nilai ESA
		Depan	Belakang	
2	2	50	50	0,0024
3	2	50	50	0,0024
4	7,52	34	66	0,7639
5a	8	34	66	0,237
5b	14,2	34	66	2,3528
6a	13,379	34	66	1,8482
6b	29,888	34	66	46,0303
7a	43,118	25	75	46,9243
7b	48,518	18	82	28,2296
7c	59,118	18	82	62,226
Total				188,6169

4.2.3. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (*Growth Factor*)

Untuk memperkirakan pertumbuhan lalu lintas dapat dilihat dalam Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Perhitungan Pertumbuhan Lalu Lintas

Tahun	Jumlah kendaraan
2016	41227
2017	41478
2018	43301

$$\begin{aligned}
 i_{2017} &= \frac{y_t - y_{ti}}{y_{ti}} \times 100\% \\
 &= \frac{41478 - 41227}{41227} \times 100\% \\
 &= 0,61\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i_{2018} &= \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}} \times 100\% \\
 &= \frac{43301 - 41478}{41227} \times 100\% \\
 &= 4,4\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka diambil angka pertumbuhan lalu lintas terbesar yaitu 4,4% agar lapis perkerasan dapat menahan beban lalu lintas sesuai dengan umur rencana perkerasan.

Setelah pertumbuhan diketahui dari hasil perhitungan diatas yaitu sebesar 4,4%. Maka nilai *Growth Factor* dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini dengan periode desain perkerasan selama 20 tahun.

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

Dengan,

i = Persentase pertumbuhan lalu lintas (%)

P = Periode desain (Tahun)

Maka,

$$\begin{aligned}
 GF &= \frac{(1+0,01(4,4\%))^20 - 1}{0,01(4,4\%)} \\
 &= 20,08
 \end{aligned}$$

4.2.4. Perhitungan Nilai DESA

Pada metode *Austroads*, untuk menentukan *design Equivalent Standard Axles* (DESA) membutuhkan data lalu lintas harian rata-rata untuk setiap jenis kendaraan, nilai ESA, dan angka pertumbuhan lalu lintas (CGF). Berikut ini perhitungan nilai DESA untuk beban standar dan beban berlebih (*Overload*).

$$DESA = \sum V_i \times ESA_i \times 365 \times CGF$$

Dengan,

V_i = LHR untuk setiap jensi kendaraan [kendaraan/hari]

ESA_i = Koreksi untuk beban sumbu standar untuk setiap jenis kendaraan

GF = Faktor pertumbuhan lalu lintas

a. Perhitungan nilai DESA untuk beban standar

1) Mobil penumpang (Golongan 2)

$$\begin{aligned} \text{LHR} &= 35787 \\ \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 35787 \times 0,0024 \times 365 \times 20,08 \\ &= 6289496,193 \text{ ESA} \end{aligned}$$

2) Angkutan umum non bus (Golongan 3)

$$\begin{aligned} \text{LHR} &= 708 \\ \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 708 \times 0,0024 \times 365 \times 20,08 \\ &= 12453,7766 \text{ ESA} \end{aligned}$$

3) Mobil hantaran (Golongan 4)

$$\begin{aligned} \text{LHR} &= 2636 \\ \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 2636 \times 0,1885 \times 365 \times 20,08 \\ &= 3641776,871 \text{ ESA} \end{aligned}$$

4) Bus kecil (Golongan 5a)

$$\begin{aligned} \text{LHR} &= 470 \\ \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 470 \times 0,237 \times 365 \times 20,08 \\ &= 816399,588 \text{ ESA} \end{aligned}$$

5) Bus besar (Golongan 5b)

$$\begin{aligned} \text{LHR} &= 1240 \\ \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 1240 \times 2,3528 \times 365 \times 20,08 \\ &= 21382735,78 \text{ ESA} \end{aligned}$$

6) Truk 2 As kecil (Golongan 6a)

$$\begin{aligned} \text{LHR} &= 514 \\ \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 514 \times 0,2746 \times 365 \times 20,08 \\ &= 1034475,536 \text{ ESA} \end{aligned}$$

- 7) Truk 2 As besar (Golongan 6b)
- $$\begin{aligned} \text{LHR} &= 1305 \\ \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 1305 \times 3,0084 \times 365 \times 20,08 \\ &= 28774160,69 \text{ ESA} \end{aligned}$$
- 8) Truk 3 As (Golongan 7a)
- $$\begin{aligned} \text{LHR} &= 484 \\ \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 484 \times 6,2038 \times 365 \times 20,08 \\ &= 22006943,22 \text{ ESA} \end{aligned}$$
- 9) Truk gandeng (Golongan 7b)
- $$\begin{aligned} \text{LHR} &= 93 \\ \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 93 \times 4,9524 \times 365 \times 20,08 \\ &= 3375633,097 \text{ ESA} \end{aligned}$$
- 10) Truk trailer (Golongan 7c)
- $$\begin{aligned} \text{LHR} &= 64 \\ \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 64 \times 15,85 \times 365 \times 20,08 \\ &= 7434740,48 \text{ ESA} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai DESA untuk beban standar diatas dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Nilai DESA Untuk Beban Standar

Golongan Kendaraan	LHR		
	Kendaraan (2 Arah)	ESA	DESA
2	35787	0,0024	6289496,193
3	708	0,0024	12453,7766
4	2636	0,1885	3641776,871
5a	470	0,237	816399,588
5b	1240	2,3528	21382735,78
6a	514	0,2746	1034475,536

Tabel 4.10 Lanjutan

6b	1305	3,0084	28774160,69
7a	484	6,2038	22006943,22
7b	93	4,9524	3375633,097
7c	64	15,85	7434740,48
Total			94.768.815,2326

Kedua lajur diasumsikan memiliki volume lalu lintas yang sama besar (50%-50%) sehingga didapatkan nilai DESA untuk setiap lajur seperti rumus dibawah ini.

$$\text{Nilai DESA} = 94.768.815,2326 \text{ (2 lajur)}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai DESA} &= 94.768.815,2326 \times 50\% \\ &= 47.384.407,6158 \text{ ESA} \\ &= 4,74 \times 10^7 \text{ ESA} \end{aligned}$$

Sehingga dapat diketahui nilai DESA untuk beban standar dengan desain perkerasan selama 20 tahun sebesar $4,74 \times 10^7$ ESA.

b. Perhitungan nilai DESA untuk beban berlebih

$$\text{LHR}^* = \text{LHR} \times \text{persentase kendaraan yang melanggar (Tabel 4.4)}$$

$$\text{DESA} = \sum V_i \times \text{ESAI} \times 365 \times \text{GF}$$

1) Mobil penumpang (Golongan 2)

$$\text{LHR} = 35787$$

$$\begin{aligned} \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESAI} \times 365 \times \text{GF} \\ &= 35787 \times 0,0024 \times 365 \times 20,08 \\ &= 629496,193 \text{ ESA} \end{aligned}$$

2) Angkutan umum non bus (Golongan 3)

$$\text{LHR} = 708$$

$$\begin{aligned} \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESAI} \times 365 \times \text{GF} \\ &= 708 \times 0,0024 \times 365 \times 20,08 \\ &= 12453,7766 \text{ ESA} \end{aligned}$$

3) Mobil hantaran (Golongan 4)

$$\text{LHR}^* = 2636 \times 26,8\% = 706$$

$$\text{LHR} = 2636 - 706 = 1930$$

$$\begin{aligned} \text{DESA}^* &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 706 \times 0,7639 \times 365 \times 20,08 \\ &= 3952735,7713 \text{ ESA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 1930 \times 0,1885 \times 365 \times 20,08 \\ &= 2666399,606 \text{ ESA} \end{aligned}$$

4) Bus kecil (Golongan 5a)

$$\text{LHR} = 470$$

$$\begin{aligned} \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 470 \times 0,237 \times 365 \times 20,08 \\ &= 816399,588 \text{ ESA} \end{aligned}$$

5) Bus besar (Golongan 5b)

$$\text{LHR} = 1240$$

$$\begin{aligned} \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 1240 \times 2,3528 \times 365 \times 20,08 \\ &= 21382735,7824 \text{ ESA} \end{aligned}$$

6) Truk 2 As kecil (Golongan 6a)

$$\text{LHR}^* = 514 \times 18,9\% = 97$$

$$\text{LHR} = 514 - 97 = 417$$

$$\begin{aligned} \text{DESA}^* &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 97 \times 1,8482 \times 365 \times 20,08 \\ &= 1313945,2617 \text{ ESA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 417 \times 0,2746 \times 365 \times 20,08 \\ &= 839253,4994 \text{ ESA} \end{aligned}$$

7) Truk 2 As besar (Golongan 6b)

$$\text{LHR}^* = 1305 \times 18,9\% = 247$$

$$\text{LHR} = 1305 - 247 = 1058$$

$$\begin{aligned} \text{DESA}^* &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\ &= 247 \times 46,0303 \times 365 \times 20,08 \\ &= 83329222,8657 \text{ ESA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\
 &= 1058 \times 3,0084 \times 365 \times 20,08 \\
 &= 23328016,8662 \text{ ESA}
 \end{aligned}$$

8) Truk 3 As (Golongan 7a)

$$\begin{aligned}
 \text{LHR}^* &= 484 \times 15,1\% &= 73 \\
 \text{LHR} &= 484 - 73 &= 411 \\
 \text{DESA}^* &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\
 &= 73 \times 46,9243 \times 365 \times 20,08 \\
 &= 25105983,3079 \text{ ESA} \\
 \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\
 &= 411 \times 6,2038 \times 365 \times 20,08 \\
 &= 18687714,1846 \text{ ESA}
 \end{aligned}$$

9) Truk gandeng (Golongan 7b)

$$\begin{aligned}
 \text{LHR}^* &= 93 \times 15,1\% &= 14 \\
 \text{LHR} &= 93 - 14 &= 79 \\
 \text{DESA}^* &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\
 &= 14 \times 28,2296 \times 365 \times 20,08 \\
 &= 2896605,3805 \text{ ESA} \\
 \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\
 &= 79 \times 4,9524 \times 365 \times 20,08 \\
 &= 2867473,2763 \text{ ESA}
 \end{aligned}$$

10) Truk trailer (Golongan 7c)

$$\begin{aligned}
 \text{LHR}^* &= 64 \times 15,1\% &= 10 \\
 \text{LHR} &= 64 - 10 &= 54 \\
 \text{DESA}^* &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\
 &= 10 \times 62,226 \times 365 \times 20,08 \\
 &= 4560667,992 \text{ ESA} \\
 \text{DESA} &= \sum V_i \times \text{ESA}_i \times 365 \times \text{GF} \\
 &= 54 \times 15,85 \times 365 \times 20,08 \\
 &= 6273062,28 \text{ ESA}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai DESA untuk beban berlebih (*Overload*) diatas dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Nilai DESA Untuk Beban Berlebih

Golongan Kendaraan	LHR		
	Kendaraan (2 Arah)	ESA	DESA
2	35787	0,0024	629496,193
3	708	0,0024	12453,7766
4	706	0,7639	3952735,7713
	1930	0,1885	2666399,606
5a	470	0,237	816399,588
5b	1240	2,3528	21382735,7824
6a	97	1,8482	1313945,2617
	417	0,2746	837999,6347
6b	247	46,0303	83329222,8657
	1058	3,0084	23328016,8662
7a	73	46,9243	25105983,3079
	411	6,2038	18687714,1846
7b	14	28,2296	2896605,3805
	79	4,9524	2867473,2763
7c	10	62,226	4560667,992
	54	15,85	6273062,28
Total			198.660.911,7669

Kedua lajur diasumsikan memiliki volume lalu lintas yang sama besar (50%-50%) sehingga didapatkan nilai DESA untuk beban berlebih pada setiap lajur seperti rumus dibawah ini.

$$\text{Nilai DESA} = 198.660.911,7669 \text{ (2 lajur)}$$

$$\text{Nilai DESA} = 198.660.911,7669 \times 50\%$$

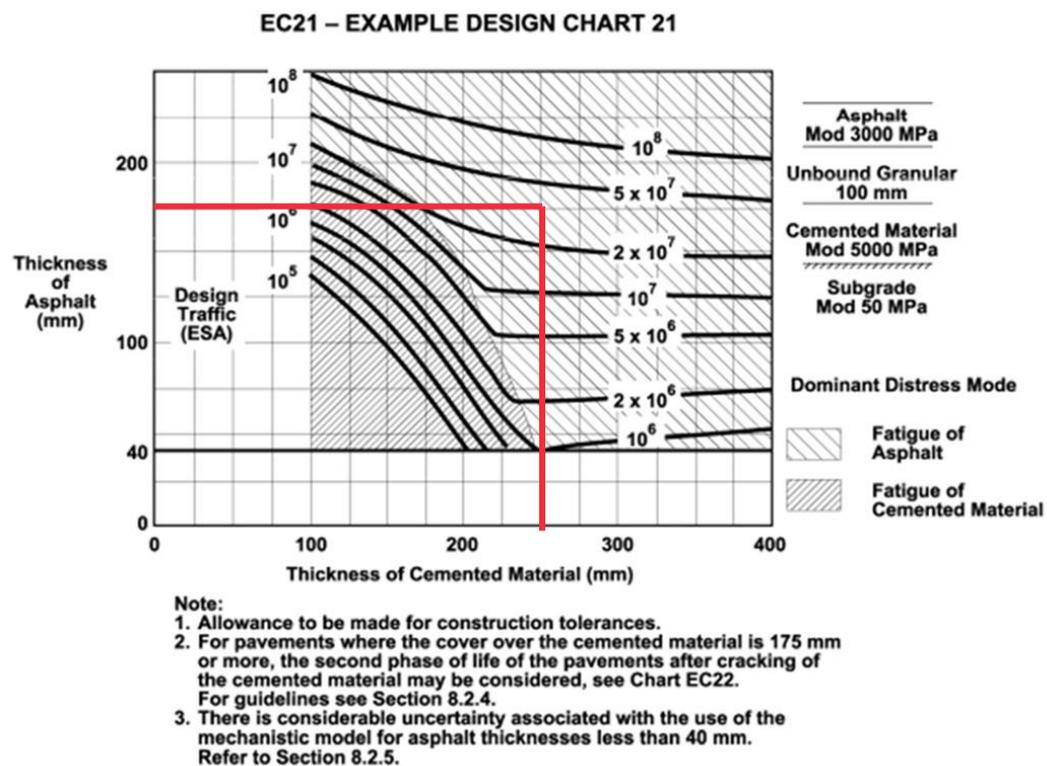
$$= 99.330.455,8835 \text{ ESA}$$

$$= 9,93 \times 10^7 \text{ ESA}$$

Sehingga dapat diketahui nilai DESA untuk beban berlebih (*Overload*) dengan desain perkerasan selama 20 tahun sebesar $9,93 \times 10^7$ ESA.

4.2.5. Desain Lapis Perkerasan

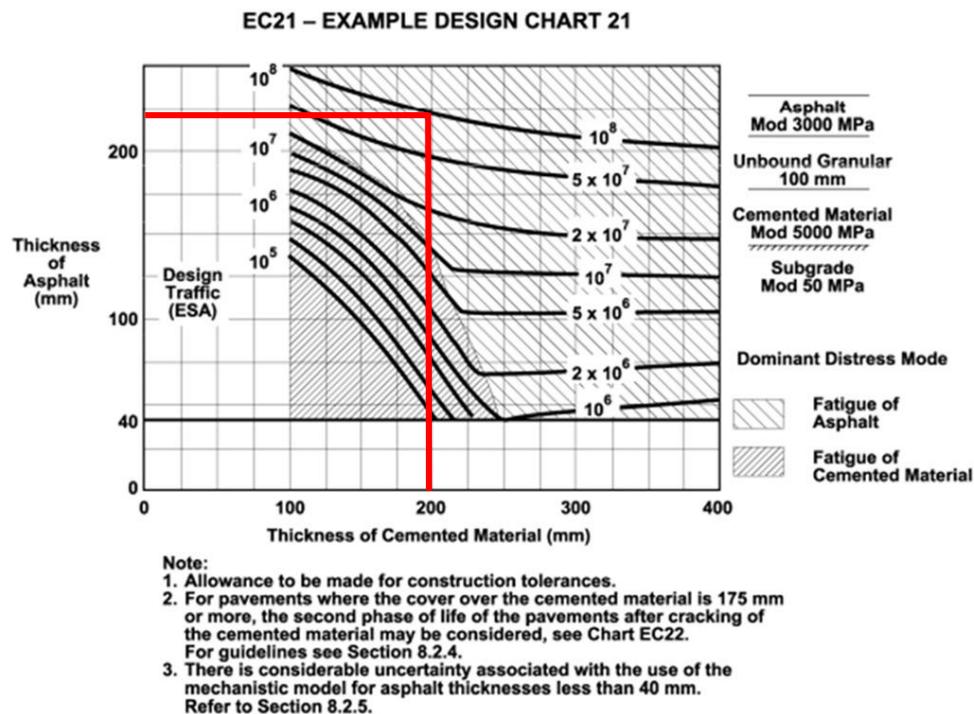
Pada desain perencanaan tebal perkerasan, untuk beban standar dan beban berlebih menggunakan *Design Chart* kategori 21 yang terdiri dari empat lapis perkerasan yaitu *Subgrade* dengan Modulus 50 MPa, *Cemented Material* dengan Modulus 5000 MPa, *Unbound Granular*, dan *Asphalt* dengan Modulus 3000 MPa. Dengan nilai CBR sebesar 5%. *Design Chart* untuk beban standar dan beban berlebih dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.2 Grafik *Design Chart* 21 Beban Standar

Dari Grafik diatas, maka dapat diketahui nilai tebal perkerasan beban standar untuk setiap lapis perkerasan dengan nilai DESA sebesar $4,74 \times 10^7$ sebagai berikut:

- a. D1 = Lapis aspal dengan modulus 3000 MPa memiliki ketebalan sebesar 17,5 cm.
- b. D2 = Lapis maetrial Granular memiliki ketebalan sebesar 10 cm.
- c. D3 = *Cemented Material* dengan Modulus 5000 MPa memiliki ketebalan 25cm.
- d. D4 = Lapis Subgrade dengan Modulus 50 MPa dan nilai CBR 5%.



Gambar 4.3 Grafik *Design Chart 21* Beban Berlebih

Dari Grafik diatas, maka dapat diketahui nilai tebal perkerasan beban berlebih untuk setiap lapis perkerasan dengan nilai DESA sebesar $9,93 \times 10^7$ sebagai berikut:

- a. D1 = Lapis aspal dengan modulus 3000 MPa memiliki ketebalan sebesar 22,5 cm.
- b. D2 = Lapis maetrial Granular memiliki ketebalan sebesar 10 cm.
- c. D3 = *Cemented Material* dengan Modulus 5000 MPa memiliki ketebalan 20 cm.
- d. D4 = Lapis Subgrade dengan Modulus 50 MPa dan nilai CBR 5%.

4.2.6. Evaluasi Lapis Perkerasan Menggunakan *Circlly 6.0*

Dalam menganalisis regangan yang terjadi pada perkerasan jalan menggunakan Program *Circlly 6.0* memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Pada *Job Details*, *Input* nilai DESA sebesar $4,74 \times 10^7$, *Traffic Multipliers* (*Asphalt*, *CTB*, *Subgrade*) (Tabel 4.12), serta nilai *Project Reliabilty* (Tabel 4.13) berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan Metode *Austroads* yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.

Job Details	
Design Method	Austrroads Pavement Design
Layered System	
ID:	Aust2004-4
Title:	TA
DESA	4.45E+7
Traffic Multipliers	
Asphalt	1.1
CTB	12
Subgrade	1.6
Project Reliability	
Project Reliability	95%

Gambar 4.4 *Input Data Lalu Lintas Dari Hasil Perhitungan Manual*Tabel 4.12 Karakteristik Distribusi Beban Lalu lintas Untuk Jalan Perkotaan Dan Pedesaan (*Circlly, 2006*)

Pavement type	Damage type	Damage index	Presumptive Rural TLD	Presumptive Urban TLD
Granular pavements with thin bituminous surfacings, designed using Figure 8.4	Overall damage	ESAHVAG	0.9	0.7
		ESAHV	2.5	1.8
Pavement containing one or more bound layers, mechanically designed	Fatigue of asphalt	SAR5/ESA	1.1	1.1
	Rutting and shape loss	SAR7/ESA	1.6	1.6
	Fatigue of cemented materials	SAR12/ESA	12	12

Tabel 4.13 Klasifikasi Tipe Jalan (*Circlly, 2006*)

<i>Road Type/Classification</i>	<i>Project Reliability (%)</i>
<i>Urban Roads</i>	
<i>Freeways/National Road Network Including Ramps</i>	97,5
<i>Arterials/Highways</i>	95
<i>All Other Roads</i>	90
<i>Rural Roads</i>	
<i>Freeways & National Road Network/ Class M Including Ramps</i>	97,5
Tabel 4.13 Lanjutan	
Class A & B	95
Class C & All Other Roads	90

- b. Kemudian tentukan jenis material yang akan digunakan sesuai dengan perhitungan manual dengan menggunakan metode *Austrroads* pada menu *Layers* yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini.

No. ▲	Material	Thickness
1	Asphalt- 3000 MPa, VB=11%	
2	Granular, E=350MPa	
3	Cemented, E=5000 MPa	
4	Subgrade, CBR=5,Aniso	

Gambar 4.5 *Input* Jenis Material Yang Digunakan

- c. Masukkan nilai tebal untuk setiap lapis perkerasan sesuai dengan perhitungan manual pada menu *Layer* mulai dari lapis permukaan (*Surface*), lapis pondasi atas (*Base*), lapis pondasi bawah (*Subbase*), dan lapis tanah dasar (*Subgrade*) seperti Gambar 4.6 berikut ini.

No. ▲	Material	Thickness
1	Asphalt- 3000 MPa, VB=11%	175.00
2	Granular, E=350MPa	100.00
3	Cemented, E=5000 MPa	250.00
4	Subgrade, CBR=5,Aniso	

Gambar 4.6 *Input* Tebal Perkerasan Untuk Setiap Lapisan

Menganalisis tebal perkerasan untuk mengetahui nilai *Cumulative Damage Factor* (CDF) dengan mengklik menu *Analyse*. apabila nilai CDF berwarna merah maka desain perkerasan belum aman, sehingga harus dilakukan perhitungan kemabali sampai desain perkerasan dalam keadaan aman. Berikut ini hasil analisis untuk beban standar dapat dilihat pada Gambar 4.7, dan untuk beban berlebih (*Overload*) dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini.

No.	ID	Title	Current Thickness	CDF
1	Asph3000	Asphalt- 3000 MPa, VB=11%	175.00	2.17E-01
2	Gran_350	Granular, E=350MPa	100.00	
3	Cement5000	Cemented, E=5000 MPa	250.00	7.19E-02
4	Sub_CBR5	Subgrade, CBR=5,Aniso	0.00	1.25E-05

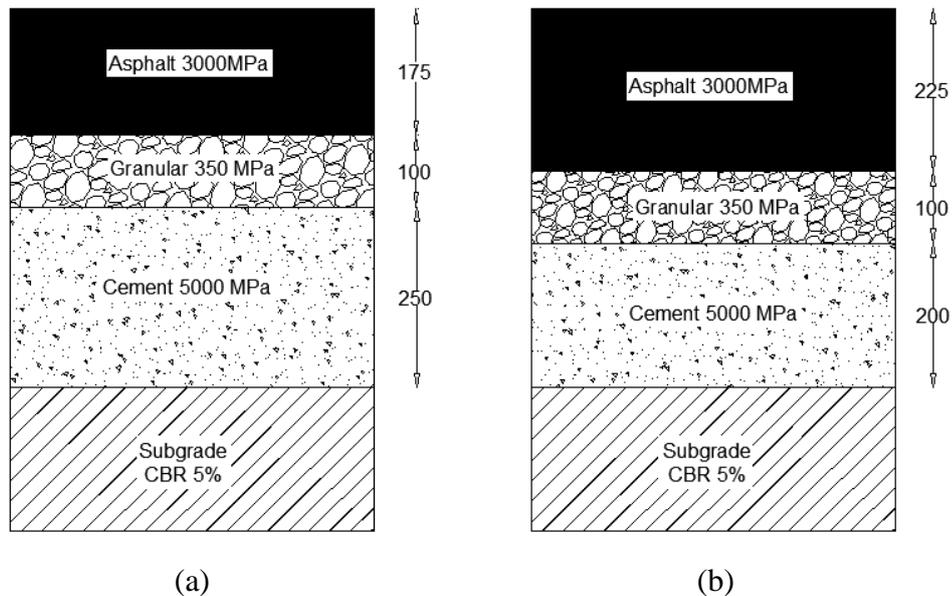
Gambar 4.7 Hasil *Running* Lapis Perkerasan Untuk Beban

Standar Sudah Aman

No.	ID	Title	Current Thickness	CDF
1	Asph3000	Asphalt- 3000 MPa, VB=11%	225.00	1.72E-01
2	Gran_350	Granular, E=350MPa	100.00	
3	Cement5000	Cemented, E=5000 MPa	200.00	1.20E-01
4	Sub_CBR5	Subgrade, CBR=5, Aniso	0.00	3.05E-05

Gambar 4.8 Hasil *Running* Lapis Perkerasan Untuk Beban Berlebih Sudah Aman

Berdasarkan hasil *Running* dari Program *Circlly 6.0* diatas, dapat diketahui bahwa desain Lapis perkerasan tersebut sudah memenuhi standar dan aman untuk digunakan. Ditandai dengan nilai *Cumulative Damage Factor* (CDF) berwarna hitam yang artinya nilai $CDF \leq 1$. Hasil tebal lapis perkerasan untuk beban standar dan beban berlebih dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut ini.



Gambar 4.9 Desan Lapis Perkerasan Beban Standar (a) Beban Berlebih (b)

Berdasarkan lapis perkerasan yang di desain dengan menggunakan metode *Austroroads* dan di evaluasi menggunakan program *Circlly 6.0* diatas didapatkan hasil bahwa nilai *Cumulative Damage Factor* (CDF) untuk beban standar dengan menggunakan material *Asphalt* (Modulus 3000 MPa) sebesar $0,21654 \leq 1$ (Gambar 4.10). Sedangkan untuk beban berlebih dengan menggunakan material yang sama didapatkan nilai CDF sebesar $0,1715 \leq 1$ (Gambar 4.11).

Tugas Akhir Muhammad Iqbal

Asphalt- 3000 MPa, VB=11%
Maximum damage values for each vehicle type

Vehicle Type	Damage Factor	Critical Strain
ESA750-Full	.21655E+00	-0.86783E-04

Maximum of total damage= 0.2165497

Cemented, E=5000 MPa
Maximum damage values for each vehicle type

Vehicle Type	Damage Factor	Critical Strain
ESA750-Full	.71901E-01	-0.46644E-04

Maximum of total damage= 7.1901202E-02

Subgrade, CBR=5, Aniso
Maximum damage values for each vehicle type

Vehicle Type	Damage Factor	Critical Strain
ESA750-Full	.12543E-04	0.14011E-03

Maximum of total damage= 1.2543283E-05

Gambar 4.10 Hasil *Cumulative Damage Factor* (CDF) untuk beban standar

Tugas Akhir Muhammad Iqbal

Asphalt- 3000 MPa, VB=11%
Maximum damage values for each vehicle type

Vehicle Type	Damage Factor	Critical Strain
ESA750-Full	.17152E+00	-0.70560E-04

Maximum of total damage= 0.1715207

Cemented, E=5000 MPa
Maximum damage values for each vehicle type

Vehicle Type	Damage Factor	Critical Strain
ESA750-Full	.12035E+00	-0.45543E-04

Maximum of total damage= 0.1203509

Subgrade, CBR=5, Aniso
Maximum damage values for each vehicle type

Vehicle Type	Damage Factor	Critical Strain
ESA750-Full	.30534E-04	0.14188E-03

Maximum of total damage= 3.0534247E-05

Gambar 4.10 Hasil *Cumulative Damage Factor* (CDF) Untuk Beban Berlebih

