

PENGARUH BEBAN BERLEBIH KENDARAAN TERHADAP UMUR RENCANA JALAN PADA PERKERASAN LENTUR : STUDI KASUS RUAS JALAN JOGJA – MAGELANG

Revando Fakhri Atmanegara¹, Berlian Kushari²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: revandofakhriatmanegara08@gmail.com

² Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: bkushari@uii.ac.id

Abstract : *Roads are the crucial tools for land transportations fluency. Along with the traffic density level that crosses the roads, it can cause some obstacles. One of the obstacles is the damage on the road construction because of the overload vehicles that cross the roads. In this research, the researcher did an evaluation of the age influence of the pavement plan due to the overload vehicles that cross the roads frequently used Bina Marga 2013 method. The aim of this research is to find out the influence of the overload on the age of the flexible pavement road plan on the Yogyakarta-Magelang road. The data used is the secondary data that obtained from Office of the Magelang Area Transportation Service Unit and Office of Supervision and Planning of the National Road of Central Java. The data calculated according to the Bina Marga 2013 regulations and AASHTO 1993 . From the calculation using Bina Marga 2013 method with the actualisation of traffic growth by 26% and the 10 year planning it is prominent to understand that there is a decrease number of planning on Yogya - Magelang roadways as much as 4,5 years due to overweight of vehicle transportation. Due to the actual traffic growth (i) that were considered high, a sensitivity analysis with actual variation of value (i) is conducted. The result of this sensitivity analysis by decreasing the age plan on Yogya – Magelang roadway as follows: i = 5% as much as 1,18 years, i = 10% as much as 2,31 years, i = 15% as much as 2,96 years, i = 20% as much as 3,33 years, and i = 25% as much as 3,52 years. With the CESA planning, as much as 32.142.800,41 ESA using the AASHTO 1993 method gains a Structural Number (SN) of 3,73. In accordance to the number, it is adamant to gain the specific Structural Number (SN) on the road to maintain the 10 year planning on the overload SN condition to increase into 4,49.*

Keywords : *overload, age plan, flexible pavement*

1. PENDAHULUAN

Jalan adalah sarana utama yang memiliki peranan penting bagi kelancaran transportasi darat. Seiring dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang melintas di ruas jalan tersebut menyebabkan berbagai kendala, salah satunya adalah kerusakan pada bagian konstruksi jalan tersebut, penyebab kerusakan itu contohnya karena beban kendaraan dengan muatan berlebih (*overload*).

Jalan Jogja – Magelang adalah jalan nasional yang menghubungkan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Provinsi Jawa Tengah yang berada di kecamatan Salam Magelang Jawa Tengah. Jalan Jogja – Magelang memiliki 4 lajur 2 arah yaitu arah menuju Yogyakarta dan arah menuju Magelang Jawa Tengah dengan lebar jalan 14 meter. Berdasarkan hasil survei tahun 2016 dari Kantor Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Jawa Tengah pada ruas jalan Jogja –

Magelang mempunyai Lintas Harian Rata – rata (LHR) 63.559 kendaraan/hari. Dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang melintas di ruas jalan tersebut dapat menyebabkan berbagai kendala, salah satunya menyebabkan kerusakan pada beberapa bagian konstruksi jalan tersebut. Ruas jalan Jogja – Magelang dilalui oleh beberapa macam kendaraan berat dengan beberapa macam konfigurasi sumbu, salah satunya yaitu kendaraan berat bermuatan pasir.

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Palmaputri (2016) pada kendaraan yang melintas di Jembatan Timbang Kulwaru, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta untuk mengetahui pengaruh muatan lebih (*overloading*) pada kendaraan angkutan barang terhadap perkerasan dan masa pelayanan jalan, serta kerusakan dan kerugian yang ditimbulkan dari muatan lebih tersebut dengan menggunakan Metode Deskriptif Kualitatif dan Kumulatif.

Geleteng (2012) melakukan penelitian pada kendaraan yang melintas di UPPKB Kalitirto Berbah Sleman Yogyakarta untuk mengetahui besarnya penyimpangan beban akibat muatan yang berlebih pada kendaraan dan untuk mengetahui berapa besarnya kelebihan muatan pada kendaraan barang terhadap Wt rencana dan Wt aktual di ruas jalan tersebut menggunakan Metode Analisis Komponen 1983.

Santoso (2012) melakukan penelitian pada kendaraan yang melintas di Jembatan Timbang Salam, Magelang untuk menghitung penurunan umur rencana perkerasan ruas Jalan Magelang dan mengetahui besarnya penyimpangan beban akibat muatan berlebih dan besarnya pengurangan umur jalan akibat pelanggaran kelebihan muatan kendaraan dengan Metode Analisis Komponen 1983. Maka pada penelitian kali ini berbeda dari jenis studi kasusnya dan metode penelitian yang digunakan.

2. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian dari tugas akhir ini yaitu mengetahui pengaruh pengurangan

umur perkerasan jalan yang sering dilalui kendaraan dengan beban berlebih (*overload*) dengan metode Bina Marga 2013 dan menginvestigasi perkerasan untuk mencegah terjadinya penurunan umur rencana dengan kondisi lalu lintas yang *overload* dengan metode AASHTO 1993.

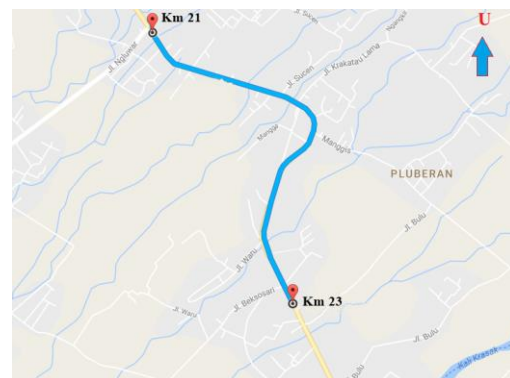
3. BATASAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Beban berlebih yang dimaksud adalah beban kendaraan melebihi beban sumbu standar yang ditetapkan sesuai dengan konfigurasi sumbu kendaraan.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu metode Bina Marga 2013 dan metode AASHTO 1993
3. Lokasi penelitian berada di ruas jalan Jogja – Magelang Km 21 – Km 23.
4. Data yang digunakan dalam penelitian yaitu sekunder berupa data lalu lintas harian rata – rata dan data pelanggaran beban kendaraan (*overload*).
5. Jenis perkerasan jalan pada penelitian adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*).

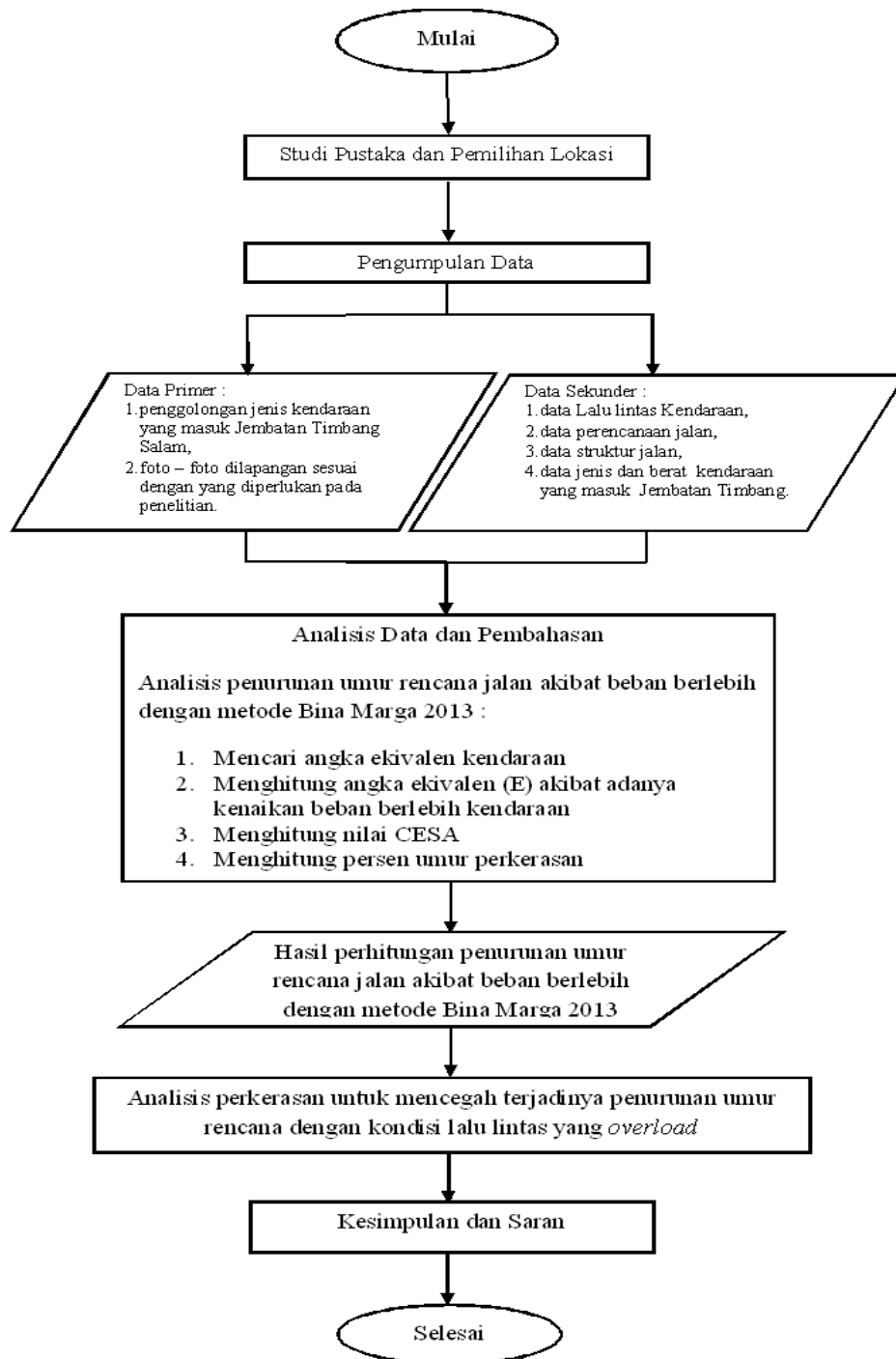
4. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan pada ruas jalan Jogja – Magelang Km 21 – Km 23. Berikut denah lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Secara keseluruhan proses pelaksanaan penelitian digambarkan dalam Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Flowchart Penelitian

5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Evaluasi penurunan umur rencana jalan akan dilakukan dengan cara menghitung *Cumulative Equivalent Single Axle Load*

(*CESA*) pada ruas jalan Jogja – Magelang Km 21 – Km 23 menggunakan data-data sekunder yaitu data lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan data kendaraan dengan muatan berlebih yang masuk di Jembatan

Timbang Salam tahun 2015 dan 2016. Masing-masing data tersebut diperoleh dari Kantor Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Jawa Tengah dan Kantor Unit Pelayanan Perhubungan Wilayah Magelang. Evaluasi penurunan umur rencana jalan nantinya akan dilakukan dengan dua beban asumsi yang berbeda. Pertama semua kendaraan dianggap mempunyai beban sumbu standar atau dalam keadaan normal sesuai dengan perencanaan dan yang kedua, kendaraan angkutan barang dihitung dengan menambahkan kelebihan muatan yang tercatat di Jembatan Timbang Salam. Kemudian dilakukan perhitungan nilai *CESA* perencanaan untuk dibandingkan dengan nilai *CESA overload*, sehingga nantinya akan didapatkan penurunan umur rencana jalan akibat beban *overload* yang melintas pada ruas Jogja – Magelang Km 21 – Km 23.

5.1. *CESA* Perencanaan

Dikarenakan tidak didapatkan data nilai *CESA* perencanaan pada jalan Jogja – Magelang Km 21 – Km maka dilakukan analisis *CESA* perencanaan.

Perhitungan nilai *CESA* perencanaan dengan menggunakan persamaan :

$$ESA = (\sum \text{jenis kendaraan LHR} \times VDF \times DL) \quad (1)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \quad (2)$$

Dalam perhitungan *CESA* perencanaan dengan umur rencana 10 tahun pada ruas jalan Jogja – Magelang dilakukan perhitungan nilai *ESA* tiap golongan kendaraan per hari pada tahun 2016 terlebih dahulu menggunakan Persamaan 1. Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 digunakan faktor distribusi lajur sebesar 80% dikarenakan jalan Jogja – Magelang mempunyai 2 lajur pada setiap arah.

$$\begin{aligned} ESA_{\text{gol.2}} &= (\sum \text{jenis kendaraan LHR} \times VDF \times DL) \\ &= 13222 \times 0,0005 \times 0.8 = 4,772 \end{aligned}$$

Perhitungan *ESA* per hari kendaraan golongan 3, 4, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, 7c pada tahun 2016 langkahnya sama dengan perhitungan *ESA* per hari kendaraan golongan 2, maka dilakukan rekapitulasi perhitungan seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Nilai *ESA* 1 Hari Kendaraan Keadaan Normal Tahun 2016

Klasifikasi Kendaraan	Data LHR 2016 (kendaraan)	VDF (AE)	ESA Tahun 2016 (ESA/hari)
Golongan 2	13222	0,0005	4,772
Golongan 3	9953	0,0007	5,836
Golongan 4	4123	0,0286	94,440
Golongan 5a	642	0,0594	30,493
Golongan 5b	765	0,9499	581,365
Golongan 6a	1020	0,2122	173,172
Golongan 6b	3099	1,7599	4363,108
Golongan 7a	557	1,3650	608,222
Golongan 7b	156	1,9640	245,113
Golongan 7c	408	2,7416	894,849
Total			7.001,365

Setelah didapat total nilai *ESA* per hari tahun 2016, selanjutnya dilakukan perhitungan *CESA* perencanaan sesuai dengan umur rencana jalan menggunakan Persamaan 2 berikut ini.

$$\begin{aligned} CESA &= ESA \times 365 \times R \\ &= 7.001,365 \times 365 \times 12,5779 \\ &= 32.142.800,41 \end{aligned}$$

Jadi, nilai *CESA* perencanaan selama umur rencana pada ruas jalan Jogja – Magelang Km 21 – Km 23 adalah 32.142.800,41.

5.2. *CESA Overload* (Kendaraan *Overload*)

Dalam perhitungan *CESA overload* (kendaraan keadaan *overload*) digunakan LHR tahun 2016 sebagai awal pelayanan jalan serta angka pertumbuhan lalu lintas (i) aktual yang terjadi dari tahun 2015 sampai 2016 sebesar 26 %.

Pada perhitungan *CESA overload* (kendaraan keadaan *overload*) ditambahkan data muatan berlebih kendaraan yang diambil dari Jembatan Timbang Salam. Muatan berlebih dipastikan memberikan kerugian berupa kerusakan dan penurunan umur jalan yang dilewatinya.

Berikut perhitungan nilai *ESA overload* (kendaraan keadaan *overload*) per hari dengan menambahkan beban berlebih kendaraan pada tahun ke-1 menggunakan Persamaan 1.

$$\begin{aligned} ESA \text{ gol.2} &= (ESA \text{ gol.2 } \textit{overload} + ESA \text{ gol.2} \\ &\quad \textit{tanpa overload}) \\ &= 0 + 4,881 \\ &= 4,881 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ESA \text{ gol.2 } \textit{overload} &= (\sum \text{jenis kendaraan} \\ &\quad \text{LHR} \times \text{VDF} \\ &\quad \textit{overload} \times \text{DL}) \\ &= 0 \times 0,0005 \times 0,8 \\ &= 0 \end{aligned}$$

Perhitungan *ESA* per hari kendaraan golongan 3, 4, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, 7c langkahnya sama dengan perhitungan *ESA* per hari kendaraan golongan 2, maka dilakukan rekapitulasi perhitungan seperti pada Tabel 2 berikut.

$$\begin{aligned} ESA \text{ gol.2 } \textit{tanpa overload} &= (\sum \text{jenis kendaraan} \\ &\quad \text{LHR} \times \text{VDF} \\ &\quad \textit{normal} \times \text{DL}) \\ &= 13525 \times 0,0005 \times \\ &\quad 0,8 \\ &= 4,881 \end{aligned}$$

Tabel 2 Nilai *ESA* 1 Hari Kendaraan Keadaan *Overload* Tahun 2016

Klasifikasi Kendaraan	Data LHR 2016 (kendaraan)	Kendaraan Melanggar (kendaraan)	Kendaraan Tidak Melanggar (kendaraan)	VDF (AE)		ESA 2016 (ESA/hari)
				<i>overload</i>	standar	
Golongan 2	13525	0	13525	0,0005	0,0005	4,881
Golongan 3	4259	35	4224	0,0070	0,0007	2,673
Golongan 4	5351	12	5339	0,2734	0,0286	124,855
Golongan 5a	909	0	909	0,0594	0,0594	43,175
Golongan 5b	1290	0	1290	0,9499	0,9499	980,340
Golongan 6a	422	96	326	1,9406	0,2122	205,003
Golongan 6b	3706	18	3688	19,5287	1,7599	5467,561
Golongan 7a	541	23	518	14,7055	1,3650	840,501
Golongan 7b	103	5	98	17,4767	1,9640	225,762
Golongan 7c	120	2	118	24,3954	2,7416	292,935
Total						8.187,69

Setelah didapat total nilai *ESA* per hari tahun 2016, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *ESA* tahun 2016 menggunakan Persamaan 2 berikut ini.

sama seperti pada tahun ke-1 maka dilakukan rekapitulasi seperti pada Tabel 3 berikut.

$$\begin{aligned} ESA \text{ tahun 2016} &= ESA \times 365 \\ &= 8.187,69 \times 365 \\ &= 2.988.505,523 \end{aligned}$$

Tabel 3 Nilai *ESA* tiap Tahun selama Umur Rencana

Jadi, nilai *ESA* tahun 2016 pada ruas jalan Jogja – Magelang Km 21 – Km 23 adalah 2.988.505,523.

Perhitungan nilai *ESA overload* (kendaraan keadaan *overload*) per tahun pada tahun ke-2

Tahun ke	Tahun	ESA 1 Tahun (ESA/tahun)	Kumulatif ESA tiap Tahun
1	2016	2988505,523	2988505,523
2	2017	3769113,241	6757618,765
3	2018	4753618,327	11511237,09
4	2019	5995279,461	17506516,55
5	2020	7561266,669	25067783,22
6	2021	9536295,016	34604078,24
7	2022	12027207,42	46631285,66

Lanjutan Tabel 3 Nilai *ESA* tiap Tahun selama Umur Rencana

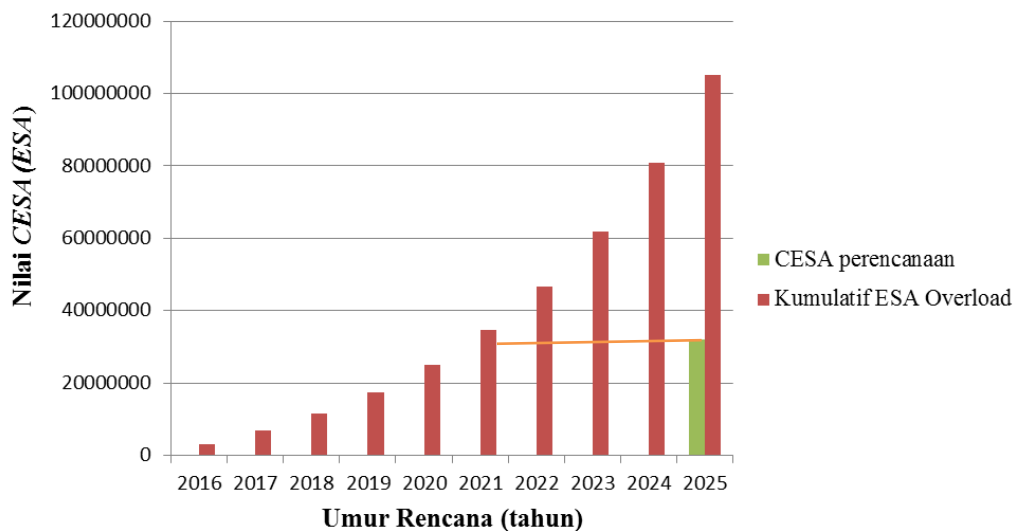
Tahun ke	Tahun	<i>ESA</i> 1 Tahun (<i>ESA</i> /tahun)	Kumulatif <i>ESA</i> tiap Tahun
8	2023	15168754,55	61800040,22
9	2024	19130884,38	80930924,6
10	2025	24127935,88	105058860,5

5.3. Analisis Pengurangan Umur Rencana Jalan

Pada analisis pengurangan umur rencana jalan akan dibandingkan hasil dari *CESA* perencanaan selama umur rencana dengan nilai kumulatif *ESA overload* (kendaraan keadaan *overload*) selama umur rencana yaitu 10 tahun untuk mengetahui

pengurangan umur rencana jalan pada ruas jalan Jogja – Magelang.

Dari Tabel 3 dapat dilihat dengan kumulatif *ESA overload* tahun ke-10 sebesar 105.058.860,5 *ESA*, berarti nilai *CESA overload* pada jalan Jogja – Magelang sebesar 105.058.860,5 *ESA*. Berdasarkan Tabel 3 dapat diperoleh diagram perbandingan nilai *CESA* perencanaan dengan kumulatif *ESA overload* tiap tahun, dimana nantinya akan dilihat kumulatif *ESA overload* tiap tahun pada tahun ke-*n* akan menyamai nilai *CESA* perencanaan jalan. Berikut diagram perbandingan nilai *CESA* perencanaan dengan kumulatif *ESA overload* tiap tahun yang dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3 Diagram Perbandingan Nilai *CESA* Perencanaan dengan Kumulatif *ESA Overload* tiap Tahun

Berdasarkan Tabel 5.30 dengan nilai *CESA* perencanaan sebesar 32.142.800,41 *ESA* sudah tercapai tahun ke 6 dengan nilai kumulatif *ESA overload* sebesar 34.604.078,24. Jika diasumsikan nilai *CESA* perencanaan sebagai batasan akhir masa layan jalan, maka pada kondisi kendaraan *overload* dengan cara interpolasi didapatkan adanya pengurangan umur rencana jalan sebesar 4,25 tahun dari umur rencana 10 tahun, artinya umur perkerasan akan

berakhir pada tahun ke-5 bulan ke-9 sejak jalan dibuka atau pada tahun 2016.

5.4. Analisis Sensitivitas

Dikarenakan pertumbuhan lalu lintas (i) aktual pada kondisi kendaraan kondisi kendaraan *overload* sebesar 26% dinilai terlalu besar, maka dilakukan analisis sensitivitas dengan mencoba memvariasikan faktor – faktor yang berpengaruh terhadap nilai *CESA* untuk mengetahui pengaruh pada pengurangan umur rencana.

Faktor – faktor yang berpengaruh diantaranya yaitu :

1. nilai VDF kendaraan,
2. jumlah kendaraan/golongan, dan
3. pertumbuhan lalu lintas (i).

Dalam analisis sensitivitas ini faktor yang divariasikan hanya pertumbuhan lalu lintas (i) aktual, faktor – faktor yang lain tidak diubah. Pertumbuhan lalu lintas (i) aktual akan dicoba divariasikan dengan beberapa nilai. Berikut hasil analisis sensitivitas dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Tabel Hasil Analisis Sensitivitas

Pertumbuhan Lalu lintas (i) Aktual (%)	Pengurangan Umur Rencana Kendaraan Overload (tahun)
5	1,18
10	2,31
15	2,97
20	3,33
25	3,52
26	4,25

Dari analisis sensitivitas pada penelitian ini didapatkan bahwa semakin pertumbuhan lalu lintas (i) aktual kecil, penurunan umur rencana jalan akan semakin kecil sehingga dapat dilihat bahwa tingginya penurunan umur rencana pada penelitian ini dikarenakan angka pertumbuhan lalu lintas (i) aktual sebesar 26% yang dianggap terlalu besar.

5.5. Analisis Structural Number Future (SN_f)

Pada perhitungan analisis indeks tebal perkerasan digunakan metode AASHTO 1993. Perhitungan indeks tebal perkerasan nantinya akan menggunakan Persamaan 3 seperti di bawah ini.

$$\text{Log (Wt18)} = \text{ZR} \times \text{So} + 9,36 \times \text{Log (SN + 1)} -$$

$$0,20 + \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4,2 - 1,5} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(\text{SN} + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \text{Log (M}_R) - 8,07 \quad (3)$$

Jadi nilai indeks tebal perkerasan rencana yang dibutuhkan agar jalan mampu bertahan melayani lalu lintas hingga masa mendatang

atau *Structural Number Future (SN_f)* di ruas jalan Jogja – Magelang sesuai umur rencana 10 tahun sebagai berikut.

1. Perhitungan *Structural Number (SN_f)* dengan Nilai *CESA* Perencanaan

$$\text{Log } 321 \times 10^4 = -1,647 \times 0,4 + 9,36 \times \text{Log (SN}$$

$$+ 1) - 0,20 + \frac{\text{Log} \left(\frac{4,2 - 2,5}{4,2 - 1,5} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(\text{SN} + 1)^{5,19}}} +$$

$$2,32 \times \text{Log (30000)} - 8,07$$

Maka, $SN = 3,73$

2. Perhitungan *Structural Number (SN_f)* dengan Nilai *CESA Overload*

$$\text{Log } 105 \times 10^6 = -1,647 \times 0,4 + 9,36 \times \text{Log (SN} +$$

$$1) - 0,20 + \frac{\text{Log} \left(\frac{4,2 - 2,5}{4,2 - 1,5} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(\text{SN} + 1)^{5,19}}} +$$

$$2,32 \times \text{Log (30000)} - 8,07$$

Maka, $SN = 4,49$

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan serta pembahasan terhadap hasil-hasil penelitian, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Berdasarkan evaluasi pengaruh beban berlebih (*overload*) terhadap umur rencana perkerasan jalan pada ruas jalan Jogja – Magelang Km 21 – Km 23 menggunakan metode Bina Marga 2013 dengan cara melakukan analisis *CESA* didapat nilai *CESA* perencanaan sesuai dengan umur rencana 10 tahun sebesar 32.142.800,41 *ESA*, dan nilai *CESA overload* sebesar 105.058.860,5 *ESA*. Hasil perhitungan penurunan umur rencana jalan Jogja – Magelang Km 21 – Km 23 didapatkan adanya pengurangan umur rencana jalan sebesar 4,25 tahun dari umur rencana 10 tahun. Tingginya penurunan umur rencana jalan pada ruas jalan Jogja – Magelang Km 21 – Km 23 dikarenakan angka pertumbuhan lalu lintas (i) aktual yang dianggap terlalu besar. Hal tersebut dibuktikan bahwa setelah mencoba melakukan analisis sensitivitas dengan memvariasikan pertumbuhan lalu lintas (i) aktual sebesar

5%, 10%, 15%, 20%, 25% didapatkan pengurangan umur rencana jalan yang lebih kecil sesuai hasil analisis sensitivitas yang dapat dilihat pada Tabel 4.

2. Dengan umur rencana 10 tahun dan pertumbuhan lalu lintas (i) aktual 26%, didapatkan nilai *CESA overload* sebesar 105.058.860,5 *ESA*, sehingga nilai *Structural Number (SN)* yang dibutuhkan agar jalan tetap dapat mempertahankan umur rencana selama 10 tahun dalam kondisi kendaraan *overload* nilai *SN* meningkat menjadi 4,49.

7. SARAN

1. Untuk penelitian Tugas Akhir selanjutnya agar mendapat hasil yang lebih baik dan objektif, disarankan untuk melakukan survei jumlah kendaraan yang membawa muatan berlebih secara langsung di lokasi Jembatan Timbang agar dapat mengkonversikan golongan kendaraan secara lebih detail.
2. Dibutuhkan pengendalian kendaraan dengan muatan berlebih (*overload*) baik pengguna jalan ataupun pihak – pihak terkait dikarenakan pengendalian muatan berlebih kendaraan sangat penting untuk mengantisipasi efek kerusakan dini pada jalan mengingat jalan Jogja – Magelang merupakan jalan nasional yang menghubungkan 2 provinsi yaitu Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Provinsi Jawa Tengah.

8. DAFTAR PUSTAKA

AASHTO, 1972, “AASHTO *Pavement Design Guide*”, *American Association of State Highway and Transportation Officials*, Washington DC.

AASHTO, 1993, “AASHTO *Guide for*

Design of Pavement Structures”, *American Association of State Highway and Transportation Officials*, Washington, DC

Anonim, 2017, Google maps, [Online]. Tersedia :
(<https://www.google.co.id/maps/>. [20 April 2017]).

Chairunnisa, 2016, “Evaluasi Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode *PSI* dan Perencanaan Tebal Perkerasan tambahan (*overlay*) di Jalan Pakem – Kalasan KM 34+00 s/d 35+800”, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), *Universitas Islam Indonesia*, Yogyakarta.

Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013, “Manual Desain Perkerasan Jalan”. Nomor 02.

Geleteng, 2012, “Analisis Kelebihan Muatan Pada Kendaraan Angkutan Barang di UPPKB Kalitirto”, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), *Universitas Atma Jaya*, Yogyakarta.

Palmaputri, 2016, “Analisis Dampak Muatan Lebih (*overloading*) Kendaraan Angkutan Barang Terhadap Perkerasan dan Masa Pelayanan Jalan (Studi Kasus Jembatan Timbang Kulwaru)”, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), *Universitas Atma Jaya*, Yogyakarta.

Santoso, 2012, “Pengaruh Kendaraan Angkutan Barang Muatan Lebih (*overload*) Pada Perkerasan dan Umur Jalan (Studi Kasus di Jembatan Timbang Salam. Magelang)”, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), *Universitas Atma Jaya*, Yogyakarta.