

EVALUASI TEBAL PERKERASAN LENTUR AKIBAT BEBAN BERLEBIH DENGAN METODE AUSTRROADS MENGGUNAKAN PROGRAM CIRCLY 6.0

EVALUATION OF FLEXIBLE PAVEMENT THICKNESS DUE TO EXCESSIVE LOAD USING AUSTRROADS METHOD AND CIRCLY 6.0 PROGRAM

Anita Rahmawati*¹, Muhammad Iqbal², Emil Adly³

*Email: anita.rahmawati@umy.ac.id

¹²³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta

Abstrak— Faktor utama terjadinya kerusakan jalan yaitu akibat dari angkutan barang yang membawa beban melebihi sumbu terberat suatu kendaraan (*overload*). Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan desain tebal perkerasan menggunakan beban standar dan akibat beban berlebih kendaraan. Metode Austroads digunakan dalam mendesain tebal perkerasan, sedangkan Program Circly 6.0 digunakan untuk mengevaluasi kemampuan tebal perkerasan dalam memikul beban. Data LHR dan beban kendaraan digunakan untuk menghitung nilai *Equivalent Standard Axles* (ESA), *Cumulative Growth Factor* (CGF), dan *Design Equivalent Standard Axles* (DESA), sehingga dapat diketahui jenis material dan tebal setiap lapis perkerasan menggunakan *design chart*. Hasil penelitian didapatkan tebal lapis perkerasan untuk umur rencana 20 tahun dengan CBR tanah dasar 5% untuk beban standar yaitu lapis permukaan 17,5 cm (aspal, modulus 3000 MPa), lapis pondasi atas 10 cm (granular, modulus 350 MPa), dan lapis pondasi bawah 25 cm (*cemented material*, modulus 5000 MPa), sedangkan untuk beban berlebih dengan material yang sama, tebal perkerasan terdiri dari lapis permukaan 22,5 cm, lapis pondasi atas 10 cm, dan lapis pondasi bawah 20 cm. Beban berlebih yang digunakan dalam perhitungan masuk dalam kategori pelanggaran tingkat II (5-15%) dan tingkat III (>25%). Dari Program Circly 6.0 dapat diketahui bahwa desain lapis perkerasan untuk beban standar maupun beban berlebih sudah memenuhi standar dan aman untuk digunakan. Hal ini ditandai dengan nilai *Cumulative Damage Factor* (CDF) ≤ 1 .

Kata kunci — *Austrroads Method, Circly 6.0, Design Equivalent Standard Axles* (DESA)

Abstract—The main factor of road damage is the overloaded weight that exceeds vehicle's heaviest axis. This study was conducted to compare the design of pavement thickness using standard loads with pavement thickness due to overload vehicle. The Austroads method is used in designing pavement thickness, while the Circly 6.0 Program is used to evaluate the ability of the pavement thickness to support loads. LHR data and vehicle load are used to calculate the value of *Equivalent Standard Axles* (ESA), *Cumulative Growth Factor* (CGF), and *Design Equivalent Standard Axles* (DESA), so that it can be known the type of material and the thickness of each pavement layer using the design chart. Moreover, based on the analysis on pavement thickness of 20 years design life with CBR 5% for a standard load, it showed that pavement thickness is needed consist of surface layer 17,5 mm (asphalt, $E=3000$ MPa), base layer 10 cm (granular, $E= 350$ MPa), and subbase layer 25 cm (*cemented material*, $E= 5000$ MPa). At the same time, for overloading second level around 5-15% and third level more than 25% the analysis result showed that it was required the pavement thickness for the surface layer is 22,5 cm, the base course layer is 10 cm, and the subbase course layer is 20 cm. Based on the Circly 6.0 Program, it can be seen that the design of the pavement layers for both standard and overload loads is safe to use. It is marked with a *Cumulative Damage Factor* (CDF) value ≤ 1 .

Keywords — *Austrroads Method, Circly 6.0, Design Equivalent Standard Axles* (DESA)

I. PENDAHULUAN

Jalan memiliki peranan yang sangat besar dalam meningkatkan kegiatan ekonomi, sosial, budaya, lingkungan hidup, dan keamanan negara. Seiring dengan bertambahnya kebutuhan masyarakat dalam menggunakan transportasi, berdampak pada peningkatan volume lalu lintas setiap tahunnya yang mengakibatkan kerusakan pada permukaan jalan akibat beban lalu lintas. Penelitian tentang pengaruh beban kendaraan terhadap kerusakan yang ditimbulkan serta umur sisa perkerasan yang berlokasi di ruas Jalan Batas Kota Muara Enim-Sugih Waras dan batas Provinsi Muara Enim Simpang Nibung, didapatkan hasil bahwa PPT Simpang Nibung pada beban normal didapatkan sisa umur perkerasan sebesar 68,21% dan 44,92% pada PPT Merapi artinya jalan tersebut mengalami penurunan layanan pada 10 tahun ke depan. Sedangkan pada data beban standar yang disubstitusikan dengan data beban dari PPT menghasilkan PPT Merapi mempunyai sisa umur perkerasan sebesar 44,75% dan PPT Simpang Nibung sebesar 68,10% [1]. Penelitian lain tentang analisis dampak beban *overloading* kendaraan pada struktur *rigid pavement* terhadap umur rencana perkerasan (studi kasus ruas jalan Simpang Lago-Sorek km 77 s.d 78). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumbu beban kendaraan lebih dari 17,98% melebihi beban gandar maksimum. Jika dihitung dengan kondisi *overload* maka terjadi penurunan umur rencana berakhir pada tahun ke 12, atau terjadi penurunan umur layan sebesar 8 tahun. Jika dihitung menggunakan persamaan *remaining life* dari AASHTO 1993, terjadi pengurangan umur layan sebesar 25,64% [2].

Penelitian tentang evaluasi struktur perkerasan jalan lintas angkutan barang (peti kemas) yang berlokasi di empat ruas Jalan yang menghubungkan kota Surakarta-Sukoharjo mendapatkan hasil bahwa *overlay* dilakukan pada ruas jalan yang dilalui oleh angkutan barang (peti kemas) [3]. Penelitian yang dilakukan tentang analisis beban kendaraan terhadap derajat kerusakan jalan dan umur sisa pada ruas jalan batas Provinsi Jambi-Peninggalan, Sumatera Selatan, didapatkan hasil bahwa dalam keadaan normal dengan umur rencana 10 tahun didapatkan umur sisa sebesar 99,96% yang artinya jalan tersebut sangat layak untuk 10 tahun ke depan, sedangkan dalam keadaan kendaraan yang melebihi muatan kisaran 25%-60% didapatkan umur sisa 48,39% yang artinya jalan telah terjadi kerusakan yang sangat besar pada umur 10 tahun ke depan [4].

Penelitian tentang dampak beban berlebih (*overload*) terhadap kinerja perkerasan, didapatkan hasil bahwa semakin tebal perkerasan jalan maka beban kendaraan yang akan dipikul oleh perkerasan semakin ringan. Sebaliknya, semakin tipis perkerasan jalan maka akan semakin berat jalan memikul beban kendaraan [5]. Penelitian tentang analisis dampak beban berlebih (*overloading*) kendaraan dengan jenis perkerasan kaku (*rigid pavement*) terhadap umur rencana yang berlokasi di ruas Jalan Simpang Lago-Sorek km 77 s.d 78. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa kendaraan yang melewati jalan tersebut dalam kondisi melebihi beban gandar maksimum (*overloading*) yaitu sebesar 17,98%. Apabila dihitung pada kondisi *overloading* maka jalan tersebut mengalami penurunan umur layanan sebesar 8 tahun dari umur rencana awal selama 20 tahun [6].

Biaya transportasi minimum dihasilkan pada saat kendaraan membawa beban optimum sehingga kendaraan dengan beban berlebih (*overload*) akan menghasilkan biaya transportasi dan kerusakan jalan terbesar (maksimum) [7]. Selain itu penelitian tentang analisis pengaruh jembatan timbang terhadap kinerja dan umur rencana jalan yang berada di ruas Jalan Keprekan-Batas Yogyakarta. Penelitian ini dilatar belakangi oleh pelanggaran yang sering dilakukan oleh angkutan barang yang membawa muatan melebihi batas (*overload*) yang mengakibatkan kerusakan pada perkerasan jalan. Dari hasil penelitian yang dilakukan di Jembatan Timbang Salam termasuk ke dalam kategori C yaitu kinerja dalam keadaan buruk yang berpengaruh pada perkerasan jalan [8].

Penelitian tentang kerusakan jalan di daerah akibat beban berlebih (*overload*) di Provinsi Sulawesi Utara. Penyebab kerusakan jalan di suatu wilayah diakibatkan oleh angkutan barang yang membawa muatan melebihi sumbu terberat suatu kendaraan yang mengakibatkan peningkatan biaya pengguna jalan *Road User Cost* (RUC) [9]. Penelitian di ruas Jalan Pringsurat, Ambarawa-Magelang tentang analisa pengaruh beban berlebih (*overload*) terhadap kinerja suatu jalan dan umur rencana lapis perkerasan. Hasil penelitian menunjukkan struktur perkerasan eksisting hanya dapat menahan beban *overload* selama 5,6 tahun dari umur rencana 10 tahun [10].

Kerusakan jalan akibat kelebihan muatan angkutan barang di ruas jalan Nigeria. Dari data lalu lintas harian rata-rata didapatkan persentase kendaraan berat yang melakukan perjalanan sebesar 18,41%, hal tersebut menunjukkan pertumbuhan yang sangat besar dibandingkan dengan data pada tahun 1998 sebesar 13,5% untuk kendaraan berat.

Dari hasil penelitian didapatkan nilai *Equivalent Standard Axles Load* (ESAL) sebesar 117.138.497 pada tahun 2019, 192.273.427 pada tahun 2020, dan 192.734.270 pada tahun 2024 [11].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Beban Berlebih

Beban berlebih merupakan suatu kondisi dimana angkutan barang yang membawa beban melebihi standar yang telah ditetapkan (*overload*) untuk setiap golongan kendaraan, sehingga perkerasan jalan akan mengalami kerusakan lebih cepat dari umur rencana yang telah ditentukan. Umur rencana jalan merupakan jumlah tahun perkerasan yang dapat melayani lalu lintas mulai dari perkerasan jalan dibuka sampai jalan tersebut membutuhkan perbaikan atau dilakukan lapis tambahan (*overlay*). Pada setiap jenis kendaraan memiliki pengaruh daya rusak yang berbeda terhadap perkerasan jalan, semakin besar beban yang melebihi batas maksimum maka semakin cepat perkerasan mengalami kerusakan [12].

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2013 Pasal 19 yang mengatur tentang kelas jalan dan jenis kendaraan yang diizinkan untuk melewati jalan tersebut dibagi menjadi [13]:

- Jalan kelas I, merupakan jalan arteri dan kolektor yang boleh dilewati untuk jenis kendaraan bermotor termasuk angkutan barang yang memiliki lebar tidak lebih dari 2.500 mm, panjang kurang dari 18.000 mm, tinggi tidak lebih dari 4.200 mm dan Muatan Sumbu Terberat (MST) yang diperbolehkan tidak lebih dari 10 ton.
- Jalan kelas II, merupakan jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang boleh dilewati untuk jenis kendaraan bermotor termasuk angkutan barang yang memiliki lebar tidak lebih dari 2.500 mm, panjang kurang dari 12.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diperbolehkan tidak lebih dari 8 ton.
- Jalan kelas III, merupakan jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang boleh dilewati untuk jenis kendaraan bermotor termasuk angkutan barang yang memiliki lebar tidak lebih dari 2.100 mm, panjang kurang dari 9.000 mm, dan Muatan Sumbu Terberat (MST) yang diperbolehkan tidak lebih dari 8 ton.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 04 Tahun 2010 Pasal 6 (enam) dan 7 (tujuh) mengenai kelebihan

muatan angkutan barang, penggolongan mobil barang ditetapkan sebagai berikut [14]:

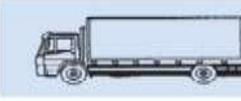
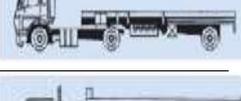
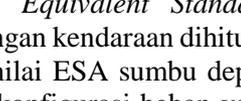
- Mobil barang yang mempunyai JBI (jumlah berat yang diizinkan) 2 ton (2.000 kg) sampai dengan 8 ton (8000 kg) termasuk kategori golongan I.
- Mobil barang yang mempunyai JBI 8 ton sampai dengan 14 ton (14.000 kg) termasuk kategori golongan II.
- Mobil barang yang mempunyai JBI > 14 ton (14.000 kg) sampai dengan 21 ton (21.000 kg) termasuk kategori golongan III.
- Mobil barang yang mempunyai JBI > 21 ton (21.000 kg) termasuk kategori golongan IV.
- Setiap orang yang mengangkut muatan barang hanya diperbolehkan melebihi jumlah muatan sampai dengan 5% (lima persen) dari JBI yang telah ditentukan.
- Pengangkutan muatan barang dengan jumlah kelebihan beban lebih dari 5% sampai dengan 15% dari JBI yang telah ditentukan termasuk kategori pelanggaran tingkat I.
- Pengangkutan muatan barang dengan jumlah kelebihan beban lebih dari 15% sampai dengan 25% dari JBI yang telah ditentukan termasuk kategori pelanggaran tingkat II.
- Pengangkutan muatan barang dengan jumlah kelebihan beban lebih dari 25% dari JBI yang telah ditentukan termasuk kategori pelanggaran tingkat III.

B. Metode Austroads

Metode Austroads diperkenalkan pertama kali pada tahun 1987 di Negara Australia. Metode ini berfungsi untuk merencanakan tebal perkerasan dan *overlay* lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan lapis perkerasan kaku (*rigid pavement*). Adapun parameter yang dibutuhkan dalam perancangan tebal perkerasan dengan menggunakan metode Austroads yaitu:

- Traffic design*. Dalam merencanakan tebal perkerasan harus sesuai dengan kelas jalan dan jenis kendaraan yang melintasi jalan tersebut agar dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan. Umur perkerasan jalan sangat dipengaruhi oleh berat suatu kendaraan, pada metode Austroads kendaraan dibagi menjadi beberapa kelas, mulai dari kelas 1 yaitu mobil penumpang sampai dengan kelas 12 yang merupakan truk gandeng. Adapun golongan jenis kendaraan menurut metode Austroads dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel-1. Jenis kendaraan menurut Austroads

Kelas Kendaraan	Nama Kelas	Gambar
Kelas 1	Kendaraan Pendek	
Kelas 2	Penarik-Kendaraan Pendek	
Kelas 3	Truk 2 As	
Kelas 4	Truk 3 As	
Kelas 5	Truk 4 As	
Kelas 6	Truk Artikulasi 3 As	
Kelas 7	Truk Artikulasi 4 As	
Kelas 8	Truk Artikulasi 5 As	
Kelas 9	Truk Artikulasi 6 As	
Kelas 10	B Ganda	
Kelas 11	Double Road Train	
Kelas 12	Triple Road Train	

Untuk menentukan nilai *Equivalent Standard Axles* (ESA) pada setiap golongan kendaraan dihitung dengan cara menjumlahkan nilai ESA sumbu depan dan belakang sesuai dengan konfigurasi beban yang telah ditentukan. Berdasarkan Austroads (2004) sumbu beban standar dibagi menjadi enam tipe persamaan, diantaranya [15]:

$$ESA_{SAST} = \left(\frac{\text{Beban Aktual Sumbu (P)}}{5,4} \right)^4 \quad (1)$$

$$ESA_{SAdT} = \left(\frac{\text{Beban Aktual Sumbu (P)}}{8,2} \right)^4 \quad (2)$$

$$ESA_{TAST} = \left(\frac{\text{Beban Aktual Sumbu (P)}}{9,2} \right)^4 \quad (3)$$

$$ESA_{TADT} = \left(\frac{\text{Beban Aktual Sumbu (P)}}{13,7} \right)^4 \quad (4)$$

$$ESA_{TRDT} = \left(\frac{\text{Beban Aktual Sumbu (P)}}{18,5} \right)^4 \quad (5)$$

$$ESA_{QADT} = \left(\frac{\text{Beban Aktual Sumbu (P)}}{22,5} \right)^4 \quad (6)$$

dimana:

SAST = *Single Axle with Single Tyres*

SADT = *Single Axle with Dual Tyres*

TAST = *Tandem Axle with Single Tyres*

TADT = *Tandem Axle with Dual Tyres*

TRDT = *Triaxle with Dual Tyres*

QADT = *Quad- Axle with Dual Tyres*

- b. *Design period*, memiliki fungsi untuk mengetahui rencana umur perkerasan jalan. hal tersebut berguna untuk memprediksi seberapa lama perkerasan ini dapat berfungsi dengan baik sampai waktu yang telah ditentukan. Dalam metode Austroads, periode desain yang dianjurkan untuk perkerasan lentur (*flexible pavement*) selama 20-40 tahun, dan untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*) selama 30-40 tahun.

- c. *Traffic growth*, data pertumbuhan lalu lintas diperlukan untuk mengetahui pertumbuhan lalu lintas pada desain jalan berupa jumlah lalu lintas total selama periode desain yang telah ditentukan dengan umur rencana perkerasan. Besarnya pertumbuhan lalu lintas dalam metode Austroads dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini.

$$CGF = \frac{(1+0,01R)^P - 1}{0,01R} \quad (7)$$

dimana:

CGF = Faktor pertumbuhan lalu lintas (%)

R = Persentase pertumbuhan lalu lintas (%)

P = Periode desain (tahun)

- d. *Desain ESA (DESA)*, nilai DESA didapatkan dari perhitungan dengan rumus di bawah ini.

$$DESA = \sum Vi \times ESAi \times 365 \times CGF \quad (8)$$

Dimana:

DESA = Nilai ESA sesuai umur rencana (ESA)

Vi = lalu lintas harian rata rata setiap kendaraan (kendaraan/hari)

ESAi = Koreksi beban sumbu kendaraan pada setiap jenis kendaraan

- e. Penurunan umur rencana didapatkan dengan menggunakan persamaan (9) [16]

$$EML = \frac{AE \text{ normal}}{AE \text{ overload}} \times \text{Umur Rencana} \quad (9)$$

dimana:

EML = Efektif masa layanan

AE = Angka ekuivalen kumulatif

III. METODE

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data sekunder di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-15 Kabupaten Sleman. Data tersebut diantaranya:

- Data lalu lintas harian rata rata dari tahun 2014 s.d 2018 [17].
- Beban kendaraan didapat dari hasil timbangan angkutan barang yang melewati jembatan timbang di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta.
- Jumlah kendaraan yang membawa beban melebihi beban standar [18].

A. Merancang Perkerasan Lentur dengan Prosedur Mekanis Desain Grafis

Dalam metode Austroads ketebalan suatu lapis perkerasan dapat dicari dengan cara mencocokkan grafis desain yang sesuai berdasarkan parameter parameter yang telah diketahui. Berikut ini

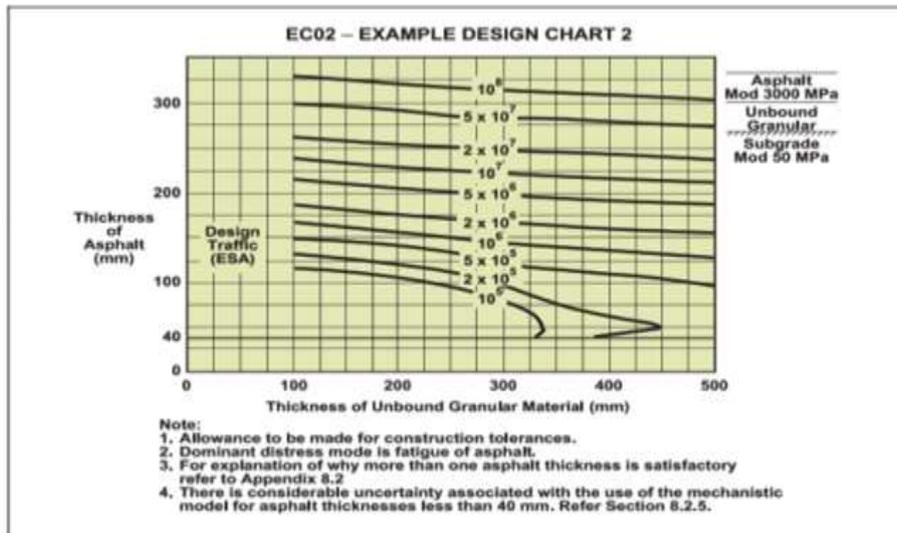
parameter-parameter yang dibutuhkan dalam mendesain ketebalan lapis perkerasan dengan menggunakan metode Austroads:

- Karakteristik material, untuk jenis perkerasan aspal yang memiliki Modulus sebesar 3.000 MPa dipakai untuk keseluruhan kategori grafis yang terdapat dalam perkerasan jalan.
- Distriusi beban lalu lintas, dalam desain grafis, distribusi beban lalu lintas dianggap sudah digunakan.
- Periode desain, dalam metode Austroads, beban lalu lintas dinyatakan dalam ESA.
- Ringkasan parameter input, desain grafis sudah dikembangkan dengan menggunakan desain mekanis. Sebelum menggunakan desain grafis, perencana harus memastikan keamanan desain yang telah direncanakan. Terdapat lima jenis grafik desain yang dapat dilihat pada Tabel-2.

Tabel-2. Daftar Jenis Perkerasan yang Termasuk dalam Contoh Grafik Desain [15]

Kategori	Struktur Lapis Perkerasan	Tebal (mm)	Modulus Tanah Dasar(MPa)	No. Grafik
Kategori 1	Aspal-3000 MPa	Bervariasi	30	EC01
	Granular	Bervariasi	50	EC02
	Tanah Dasar		70	EC03
Kategori	Struktur Lapis Perkerasan	Tebal (mm)	Modulus Aspal(MPa)	No. Grafik
Kategori 2	Aspal-(Rentan Modulus)	Bervariasi	1000	EC04
	Tanah Dasar		3000	EC05
				5000
Kategori	Struktur Lapis Perkerasan	Tebal (mm)	Material Semen	
Kategori 3	Aspal-3000 MPa	Bervariasi	No. Grafik (Pra-Cracking)	No. Grafik (Pra & Post Cracking)
	Material Semen -2000 MPa	Bervariasi	EC07	EC08
	Tanah Dasar		EC09	EC10
			EC11	EC12
Kategori	Struktur Lapis Perkerasan	Tebal (mm)	Material Semen	
Kategori 4	Aspal-3000 MPa	Bervariasi	No. Grafik (Pra-Cracking)	No. Grafik (Pra & Post Cracking)
	Material Semen -5000 MPa	Bervariasi	EC13	EC14
	Tanah Dasar		EC15	EC16
			EC17	EC18
Kategori	Struktur Lapis Perkerasan	Tebal (mm)	Material Semen	
Kategori 5	Aspal-3000 MPa Modulus	Bervariasi	No. Grafik (Pra-Cracking)	No. Grafik (Pra & Post Cracking)
	Granular	100	EC19	EC20
	Material Semen -5000 MPa	Bervariasi	EC21	EC22
			EC23	EC24

Berikut ini salah satu contoh grafik desain EC02 yang dapat dilihat pada Gambar-1.

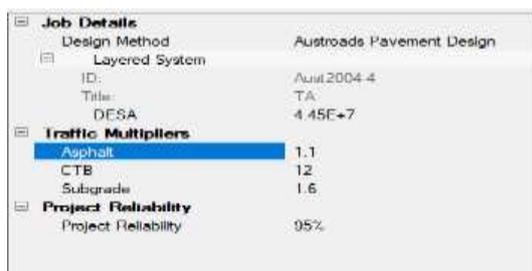


Gambar-1. Grafik Desain EC02

B. Program Circlly 6.0

Program Circlly 6.0 merupakan program berbasis Windows yang memiliki kemampuan untuk mendesain, menganalisis tebal perkerasan serta dapat menghitung kerusakan kumulatif yang disebabkan oleh beban lalu lintas [19]. Pada tahun 1987 Program ini dibuat di Australia dan terus diperbaharui hingga generasi yang ke 6. Circlly 6.0 telah digunakan di seluruh dunia lebih dari dua dekade terakhir dalam mendesain tebal perkerasan jalan. Jenis perkerasan yang dapat di desain pada program ini berupa perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Program Circlly 6.0 mengacu pada Metode Austroads dalam menganalisis tebal perkerasan jalan. 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, *Traffic Multipliers* (Asphalt, CTB, *subgrade*), serta nilai *Project reliability* berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode Austroads.



Gambar-2. Input Data Lalu Lintas Pada Kotak *Dialog Job Details*

b. Kemudian tentukan jenis material yang akan digunakan sesuai dengan perhitungan manual dengan menggunakan metode Austroads pada menu "*Layers*".

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

Gambar-3. 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*).

No.	Material	Thickness
1	Asphalt- 3000 MPa, VB=11%	175.00
2	Granular, E=350MPa	100.00
3	Cemented, E=5000 MPa	25.00
4	Subgrade, CBR=5, Aniso	

Gambar-4. Input Tebal Perkerasan untuk Setiap Lapisan

d. Mengetahui nilai *Cumulative Damage Factor* (CDF) dengan mengklik menu *Analyse*. Apabila nilai CDF berwarna merah maka desain perkerasan belum aman, sehingga harus

dilakukan perhitungan kembali sampai desain perkerasan dalam keadaan aman.

No.	ID	Title	Current Thickness	CDF
1	Asph3000	Asphalt- 3000 MPa, IG=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-5 Hasil *Running* Lapis Perkerasan sudah Aman

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Beban Berlebih

Persentase pelanggaran yang dilakukan angkutan barang untuk setiap golongan berdasarkan Jumlah Beban Diizinkan (JBI) pada kedua jembatan timbang Taman Martani dan jembatan timbang Kalitorto selama 1 tahun dapat dilihat pada Tabel-3.

Tabel-3. Persentase Pelanggaran yang Dilakukan Angkutan Barang untuk setiap Golongan Berdasarkan JBI

Gol	JBI Kendaraan	Persentase (%)		Rata-Rata (%)
		Kalitirto	Taman Martani	
I	JBI < 8 ton	23.8	29.8	26.8
II	8 t ≤ JBI ≤ 14 t	37.8	35.1	36.4
III	14 t < JBI ≤ 21 t	19.2	18.5	18.9
IV	21 ton < JBI ≤ 28 ton	15.3	14.8	15.1

Berdasarkan Tabel-3 diketahui bahwa persentase pelanggaran rata-rata yang terjadi pada kedua jembatan timbang didapatkan hasil 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. Hasil survei beban berlebih yang dilakukan pada jembatan timbang Kalitirto dan Taman Martani selama 3 hari dengan durasi selama 8 jam/hari didapatkan hasil angkutan barang yang membawa beban yang melebihi ketentuan jumlah beban yang diizinkan disajikan pada Tabel-4.

Tabel-4. Hasil Survei Angkutan yang Melebihi Beban (*Overload*)

Gol	JBI Kendaraan	Jumlah		Rata-Rata Beban Berlebih (kg)
		Kendaraan Melanggar	Beban Berlebih (kg)	
I	JBI < 8 ton	65	144.300	2.220
II	8 t ≤ JBI ≤ 14 t	23	116.816	5.079
III	14 t < JBI ≤ 21 t	19	280.969	14.788
IV	21 ton < JBI ≤ 28 ton	24	410.820	17.118

Dari hasil rata-rata beban berlebih untuk tiap Golongan yang didapatkan pada Tabel 4 akan digunakan untuk memperhitungkan beban berlebih secara keseluruhan yang membebani perkerasan jalan dengan memperhitungkan persentase kendaraan yang terdapat pada Tabel-3. Pengklasifikasian golongan kendaraan di Tabel-3 dan Tabel-4 berdasarkan Peraturan Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 4 Tahun 2010 untuk penentuan muatan kendaraan pada pengujian di jembatan timbang berdasarkan Jumlah Beban Diizinkan (JBI).

B. Nilai ESA

Perhitungan nilai ESA didapatkan dari survei Lalulintas Harian Rata-rata (LHR) yang sudah dibedakan berdasarkan tiap jenis golongan kendaraan. Penggolongan kendaraan dalam penghitungan LHR berbeda dengan penggolongan kendaraan pada Tabel-3 dan Tabel-4. Penggolongan kendaraan pada penghitungan nilai ESA berdasarkan kendaraan dengan kriteria jumlah sumbu dan beban standar. Dari data LHR dibagi ke dalam beberapa golongan kendaraan yaitu dari golongan 2 sampai kendaraan golongan 7. Hasil perhitungan nilai ESA untuk beban standar dan beban berlebih (*overload*) dapat dilihat pada Tabel-5 dan Tabel-6.

Tabel-5. 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

Nilai ESA untuk beban berlebih dihitung berdasarkan kelebihan beban rata-rata yang didapatkan pada Tabel-4 kemudian ditambahkan dalam penghitungan nilai ekuivalen untuk golongan kendaraan yang mengalami beban berlebih. Sedangkan golongan kendaraan yang tidak mengalami kelebihan beban, nilai ekuivalen kendaraan yang digunakan seperti yang terdapat pada Tabel-5. Nilai ESA untuk beban berlebih dapat dilihat pada Tabel-6.

Tabel-6. 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	0,2370
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

C. Faktor Pertumbuhan Lalulintas

Dari data LHR tahun 2014 sampai tahun 2018 [17], didapatkan nilai pertumbuhan lalulintas pertahun (R) sebesar 4,4%. Sehingga nilai *growth factor* dapat dihitung menggunakan rumus (7). Nilai CGF untuk periode desain perkerasan selama 20 tahun didapatkan sebesar 20,08.

D. 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*). Hasil perhitungan nilai DESA untuk beban standar dan beban berlebih dapat dilihat pada Tabel-7 dan Tabel-8. Nilai DESA beban standar yang didapat pada Tabel-7 adalah nilai DESA untuk semua lajur. Sehingga Nilai DESA untuk 1 lajur sebesar $88.975.684,55 \times 50\% = 44.487.842,27 = 4,45 \times 10^7$.

Tabel-7. Nilai DESA untuk Beban Standar

Golongan Kendaraan	LHR Kendaraan (2 Arah)	ESA	DESA
2	35.787	0,0024	628.556
3	708	0,0024	12.435
4	2.636	0,1885	3.636.336
5a	470	0,2370	815.180
5b	1.240	2,3528	21.350.789
6a	514	0,2746	1.032.930
6b	1.305	3,0084	28.731.171
7a	484	6,2038	21.974.064
7b	93	4,9524	3.370.590
7c	64	15,8500	7.423.633
Total			88.975.685

Penghitungan nilai DESA untuk beban berlebih berdasarkan persentase yang didapatkan pada Tabel-3. Untuk kendaraan yang dengan JBI Gol I, maka persentase kendaraan yang *overload* sebesar 26,8% sehingga persentase yang tidak *overload* sebesar 73,2%. Dapat dilihat pada Tabel-9, untuk Golongan kendaraan 4, masuk kategori JBI Golongan I sehingga nilai LHR kendaraan untuk beban berlebih dikalikan dengan 26,8% (706 kendaraan) dan untuk beban tidak berlebih dikalikan 73,8% (1.930 kendaraan). Hasil perhitungan detail nilai DESA dapat dilihat pada Tabel-8.

Tabel-8. Nilai DESA untuk Beban Berlebih

Golongan Kendaraan	LHR Kendaraan (2 Arah)	ESA	DESA
2	35.787	0,0024	628.555,71
3	708	0,0024	12.435,17
4	706	0,7639	3.946.830,29
	1.930	0,1885	2.662.415,94
5a	470	0,2370	815.179,87
5b	1.240	2,3528	21.350.789,46
6a	97	1,8482	1.311.982,19
	417	0,2746	837.999,63
6b	247	46,0303	83.204.727,01
	1.058	3,0084	23.293.164,25
7a	73	46,9243	25.068.474,37
	411	6,2038	18.659.794,29
7b	14	28,2296	2.892.277,78
	79	4,9524	2.863.189,20
7c	10	62,2260	4.553.854,24
	54	15,85	6.263.690,18
Total			198.365.359,58

Nilai DESA beban berlebih yang didapat pada Tabel-8 adalah nilai DESA untuk semua lajur. Sehingga Nilai DESA untuk 1 lajur sebesar $198.365.359,58 \times 50\% = 99.182.679,86 = 9,92 \times 10^7$.

E. Penurunan Umur Rencana

Penurunan umur rencana dapat diperhitungkan dengan menggunakan rumus (9).

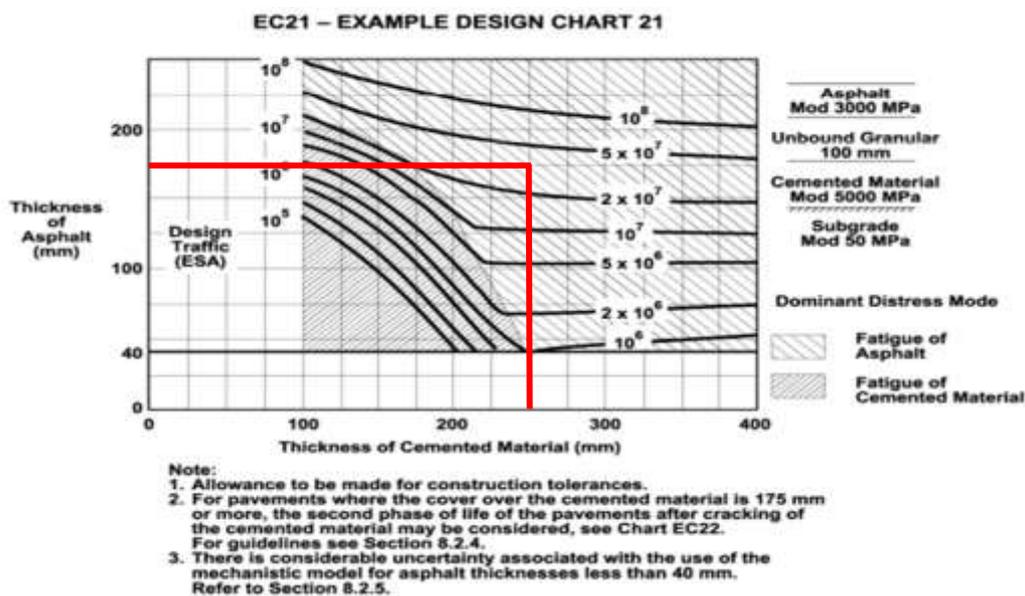
$$EML = \frac{4,45 \times 10^7}{9,92 \times 10^7} \times 20 = 8,97 \approx 9 \text{ tahun}$$

Dengan sisa umur rencana sebesar 9 tahun maka terjadi penurunan umur rencana sebesar $20-9 = 11$ tahun apabila perkerasan jalan digunakan dengan beban berlebih. Dengan peningkatan nilai DESA sebesar $5,47 \times 10^7$ (122,9%) dari beban standar, akan mengakibatkan penurunan umur rencana sebesar 55% dari umur rencana yang disyaratkan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang sudah dilakukan terlebih dahulu, yaitu semakin besarnya persentase kelebihan beban yang diberikan pada suatu perkerasan jalan maka akan terjadi penurunan umur rencana semakin besar pula [1].

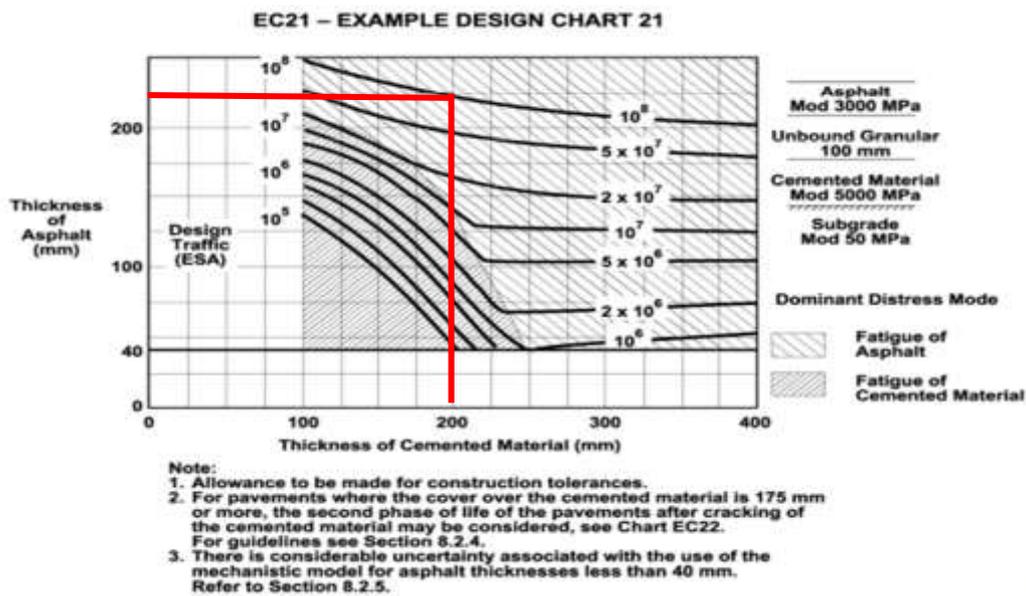
F. Desain Tebal Perkerasan

Desain perkerasan jalan menggunakan Grafik desain 21, dengan cara memploting nilai DESA untuk satu lajur. Pada desain perencanaan tebal perkerasan, untuk beban standar dan beban berlebih menggunakan grafik desain kategori 21 yang terdiri dari empat lapis perkerasan yaitu tanah dasar (*subgrade*) dengan modulus 50 MPa, material semen dengan modulus 5.000 MPa, *unbound granular*, dan aspal dengan modulus 3.000 MPa. Dengan nilai CBR sebesar 5%. Grafik desain untuk beban standar dan beban berlebih dapat dilihat pada Gambar-6. dan Gambar-7.

Untuk nilai DESA ($4,45 \times 10^7$) yang diplot pada Gambar-6. Didapatkan ketebalan untuk *cemented material* sebesar 250 mm dan ketebalan aspal sebesar 175 mm. Untuk nilai DESA pada beban berlebih sebesar ($9,92 \times 10^7$) yang diplot pada Gambar-7. didapatkan ketebalan untuk *cemented material* sebesar 200 mm dan ketebalan aspal sebesar 225 mm.

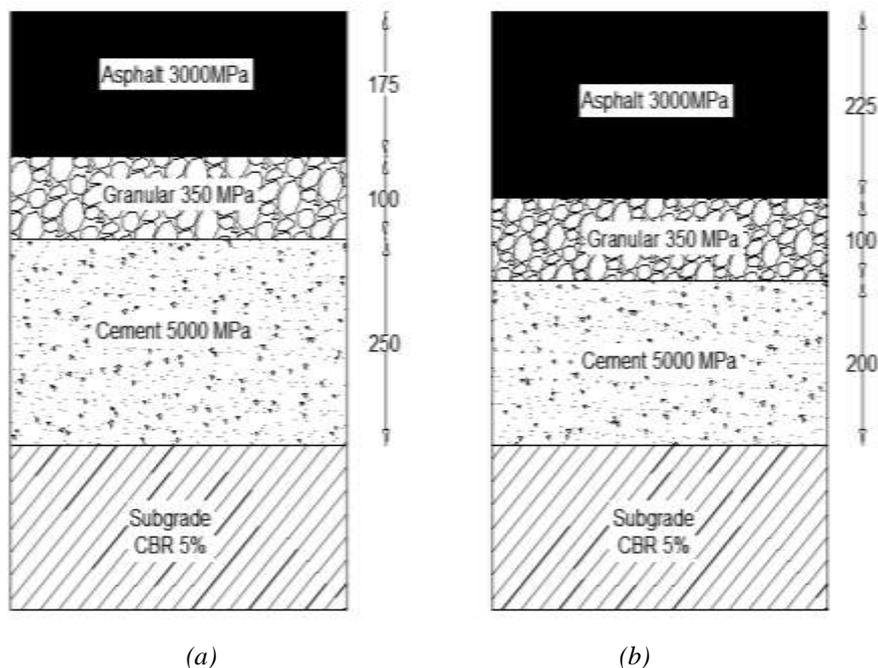


Gambar-6. Grafik Desain 21 Beban Standar



Gambar-7. Grafik Desain 21 Beban *Overload*

Berdasarkan plotting pada Gambar-6 dan Gambar-7 didapatkan hasil tebal lapis perkerasan untuk beban standar dan beban berlebih seperti pada Gambar-8.



Gambar-8. Desain Lapis Perkerasan Beban Standar (a) Beban Berlebih (b)

G. Hasil Running Program Circly 6.0

Dari tebal perkerasan yang didapatkan, kemudian dimasukkan pada Program *Circly 6.0* untuk mengetahui apakah desain tebal perkerasan yang dibuat mampu menahan beban yang diijinkan. Pada Gambar-9 dapat dilihat dengan memasukkan ketebalan lapis aspal sebesar 175 mm, lapis pondasi atas (*granular*) 100 mm dan lapis pondasi bawah (*cemented material*) sebesar 250 mm, didapatkan nilai *cumulative damage factor* (CDF) sebesar 0,217 untuk lapis aspal, 0,0719 untuk lapis pondasi bawah. Hal ini menunjukkan bahwa desain perkerasan jalan dengan mengakomodir beban standar sudah bisa terpenuhi. Sedangkan untuk beban berlebih nilai CDF untuk lapis aspal sebesar 0,172 dan untuk lapis pondasi sebesar 0,120. Hasil *running* dari Program *Circly 6.0* dapat dilihat pada Gambar-9 dan Gambar-10.

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-9. Hasil *Running* Lapis Perkerasan untuk Beban Standar

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-10. Hasil *Running* Lapis Perkerasan untuk Beban berlebih

Berdasarkan hasil *running* dari Program *Circly 6.0*, dapat diketahui bahwa desain lapis perkerasan tersebut sudah memenuhi standar dan aman untuk digunakan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *Cumulative Damage Factor* (CDF) ≤ 1 , baik untuk beban standar maupun beban berlebih (*overload*).

IV. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis tebal lapis perkerasan akibat beban berlebih (*overload*) dengan menggunakan metode Austroads didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil survei yang dilakukan pada Jembatan Timbang Kalitirto dan Taman Martani didapatkan persentase pelanggaran rata-rata terbesar yang terjadi pada kedua jembatan timbang yaitu untuk golongan I terjadi pelanggaran sebesar 26,8% dan golongan II sebesar 36,4%. Untuk golongan I dan golongan II masuk ke dalam pelanggaran JBI kategori III yaitu persentase kelebihan beban melebihi 25%.
- Nilai DESA pada beban standar sebesar ($4,45 \times 10^7$), sedangkan untuk beban berlebih sebesar ($9,92 \times 10^7$). Dengan peningkatan nilai DESA sebesar 122,9% mengakibatkan penurunan umur rencana sebesar 11 tahun dari total umur rencana sebesar 20 tahun. Sehingga dapat disimpulkan semakin besar persentase beban berlebih maka penurunan umur rencana juga akan semakin besar.
- Dengan Peningkatan DESA 122,9% tebal perkerasan yang dihasilkan akan lebih tebal dari pada tebal perkerasan dengan beban standar. Perbedaan tebal perkerasan terletak pada lapis pondasi bawah untuk beban standar mempunyai tebal 20 cm sedangkan untuk beban berlebih mempunyai tebal 25 cm. Selain itu tebal lapis permukaan untuk beban standar sebesar 17,5 cm sedangkan untuk beban berlebih sebesar 22,5 cm.
- Hasil evaluasi tebal perkerasan menggunakan Program *Circly 6.0* dapat diketahui bahwa desain Lapis perkerasan dengan menggunakan metode Austroads untuk beban standar maupun beban berlebih sudah memenuhi standar dan aman untuk digunakan. Ditandai dengan nilai *Cumulative Damage Factor* (CDF) ≤ 1 .

Perbedaan dengan penelitian terdahulu yaitu pada penelitian ini tidak hanya membuktikan bahwa peningkatan persentase beban berlebih akan mengakibatkan penurunan umur rencana tetapi juga ada desain tebal perkerasan pada kondisi beban standar dan beban berlebih yang kemudian dievaluasi dengan menggunakan Program *Circly 6.0*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Morisca, W., 2014, Evaluasi Beban Kendaraan Terhadap Derajat Kerusakan dan Umur Sisa Jalan (Studi Kasus: PPT Simpang Nibung dan PPT. Merapi Sumatra Selatan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(4), 692-699.
- [2] Sentosa, L. & Roza, A. 2012, Analisis Dampak Beban *Overloading* Kendaraan pada Struktur *Rigid Pavement* terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simp Lago-Sorek Km 77 s.d 78), Universitas Riau, Pekanbaru. *Jurnal Teknik Sipil* 19 (2), 161-168.
- [3] Handayani, D., Sarwono, D., Puspitasari, S.T., 2016, Evaluasi Struktur Perkerasan Jalan Lintas Angkutan Barang (Peti Kemas) Surakarta-Sukoharjo, *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil* 1, 1072-1077.
- [4] Sari, D.N., 2014, Analisa Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Jalan dan Umur Sisa, *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(4), 615-620
- [5] Pais, J. C., Amorim, S. I. R., & Minhoto, M. J. C., 2013, Impact of Traffic Overload on Road Pavement Performance. *Journal of Transportation Engineering*, 139(9), 873-879
- [6] Sentosa, L., Roza, A.A., 2012, Analisis Dampak Beban *Overloading* Kendaraan pada Struktur *Rigid Pavement* terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simp Lago – Sorek Km 77 s/d 78). *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 19(2), 161-168.
- [7] Sugiyanto, G., 2005, Optimasi Beban As Truk untuk Meminimalkan Biaya Transportasi dan Kerusakan Kontruksi Jalan. (Studi Kasus Ruas Jalan Solo-Kartosura-Boyolali Provinsi Jawa Tengah), *Jurnal Dinamika Rekayasa*, 1(1), 21-28.
- [8] Atiya, A.F., Sari, O.D.W., Purwanto, D., Setiadji, B.H., 2014, Analisa Pengaruh Kinerja Jembatan Timbang Terhadap Kinerja Perkerasan dan Umur Rencana Jalan (Studi Kasus Jembatan Timbang Salam, Magelang), *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3(3), 662-673.
- [9] Pandey, S.V., 2013, Kerusakan Jalan Daerah Akibat Beban *Overloading*. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(58), 1-8.
- [10] Simanjuntak, G.I., Pramusetyo, A., Riyanto, B., & Supriyono, 2014, Analisis Pengaruh Muatan Lebih (*Overloading*) Terhadap Kinerja Jalan dan Umur Rencana Perkerasan Lentur (Studi Kasus Ruas Jalan Raya Pringsurat, Ambarawa-Magelang). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3(3), 539-551.
- [11] Ede, A. N., 2014, Cumulative Damage Effects Of Truck Overloads on Nigerian Road Pavement, *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, 14(1), 21-26.
- [12] Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya* (Yogyakarta: Nova).
- [13] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2013, *Jaringan Lalulintas dan Angkutan Jalan*, Jakarta.
- [14] Peraturan Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta, 2010 tentang *Kelebihan Muatan Angkutan Barang*, DIY.
- [15] Austroads, 2004, *A Guide to The Design Structural Design of Road Pavement*, Australia: Austroads.
- [16] Wandu, A., Saleh, S., dan Isya, M., 2012, Analisis Kerusakan Jalan Akibat Beban Berlebih (studi Kasus Jalan Banda Acaeh-Meulaboh Km 69 s.d 150), *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syah Kuala*, 5 (3) 317-328.
- [17] Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, 2018, *Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahun 2014-2018 Ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-15*, Yogyakarta.
- [18] Dishub DIY bidang Angkutan Darat, 2015, *Jumlah Pelanggaran Kelebihan Beban (Overloading) pada Jembatan Timbang Kalitirto & Tamanmartani Tahun 2015* (Yogyakarta).
- [19] Circly, 2006, *Pavement Design Workshop*, Australia.