

ANALISA PENGARUH BEBAN BERLEBIH TERHADAP UMUR RENCANA JALAN (STUDI KASUS: RUAS JALAN MANADO - BITUNG)

Putri Angelia Safitra

Theo K. Sendow, Sisca V. Pandey

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: putrisafitra@yahoo.com

ABSTRAK

Kualitas prasarana transportasi dalam suatu wilayah ditentukan oleh tingkat pelayanan jalan yang dilewati oleh setiap kendaraan, baik itu kendaraan dengan muatan normal maupun kendaraan dengan muatan berlebih (overloading) dari kelas jalan yang sudah ditetapkan. Ruas jalan Manado – Bitung merupakan salah satu akses ke daerah kawasan industri, dimana ruas jalan ini banyak dilalui oleh kendaraan berat dengan muatan normal maupun muatan berlebih yang melanggar batas ketentuan untuk jumlah berat yang diijinkan. Hal ini menyebabkan terjadinya kerusakan pada badan jalan sebelum umur teknis perencanaan terpenuhi dalam waktu yang relatif singkat atau terjadinya kerusakan dini pada badan jalan. Dampak lain yang disebabkan oleh kendaraan bermuatan berlebih (overloading) adalah berkurangnya tingkat keselamatan berkendara, kemacetan, dan kerusakan suku cadang kendaraan yang lebih cepat.

Dalam penelitian ini dihitung angka ekuivalen untuk setiap jenis kendaraan dan Equivalent Standart Axle Load (ESAL) pada keadaan beban normal dan beban berlebih. Untuk menghitung penurunan umur rencana jalan yang diakibatkan oleh beban berlebih (overloading) menggunakan nilai Vehicle Damage Factor (VDF) metode AASHTO 1993.

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini ada 2, yaitu pengumpulan data sekunder dan pengumpulan data primer. Data - data yang diperoleh yaitu, data geometrik jalan, data LHR tahun 2013 – 2017, data berat kendaraan yang diperoleh dari jembatan timbang, data survey LHR tahun 2018, dan data International Roughness Index (IRI) tahun 2016 - 2017. Data IRI yang didapat digunakan untuk mengetahui besaran kekasaran permukaan jalan, kondisi jalan yang akan diteliti, dan penanganan yang harus dilakukan pada bagian jalan yang rusak.

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa persentase muatan berlebih dapat menurunkan umur rencana. Angka ekuivalen atau VDF untuk muatan normal selama umur rencana 10 tahun yaitu sebesar 19.683.267,13 ESAL sedangkan angka ekuivalen atau VDF untuk muatan berlebih selama umur rencana 10 tahun yaitu sebesar 31.391.507,77 ESAL. Sehingga diperoleh persentase peningkatan nilai VDF kumulatif akibat muatan berlebih sebesar 59,483%. Nilai Traffic Design diperkirakan akan berakhir pada tahun ke 7 atau terjadi pengurangan umur sekitar 2,8 tahun dari umur rencana 10 tahun.

Kata kunci: *Beban Berlebih, AASHTO 1993, IRI, Umur Rencana*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (UU No. 38 Tahun 2004).

Dengan jumlah penduduk Indonesia yang semakin bertambah setiap tahunnya dan semakin

bertambahnya jumlah kendaraan, maka kebutuhan sarana transportasi jalan raya sangat besar. Oleh karena itu diperlukan perencanaan konstruksi jalan yang optimal dan memenuhi syarat teknis menurut fungsi, volume maupun sifat lalu lintas sehingga pembangunan tersebut dapat berguna maksimal bagi perkembangan daerah sekitarnya.

Pada dasarnya jalan akan mengalami penurunan kualitas strukturalnya sesuai bertambahnya umur jalan, apalagi jika dilalui oleh kendaraan dengan muatan berat dan cenderung melebihi ketentuan. Jalan raya saat ini

sering mengalami kerusakan dalam waktu yang relatif sangat pendek (kerusakan dini) baik jalan yang baru dibangun maupun jalan yang baru di perbaiki (*overlay*). Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan, penyebab utama kerusakan jalan adalah kualitas pelaksanaan, drainase, dan dari beban kendaraan yang melebihi ketentuan (*overloading*).

Secara definisi beban berlebih (*overloading*) adalah suatu kondisi beban gandar kendaraan melebihi beban standar yang digunakan pada asumsi desain perkerasan jalan atau jumlah lintasan operasional sebelum umur rencana tercapai, atau sering disebut dengan kerusakan dini. Sedangkan umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah repitisi beban lalu lintas dalam satuan *Equivalent Standard Axle Load (ESAL)* yang dapat dilayani jalan sebelum terjadi kerusakan struktural pada lapisan perkerasan. Untuk menghitung sisa umur perkerasan yang diakibatkan oleh beban berlebih, maka digunakan metode *AASHTO 1993*.

Kerusakan pada badan jalan diantaranya disebabkan oleh pelaksanaan jalan yang didesain dengan kualitas di bawah standar dan disebabkan juga oleh kendaraan dengan muatan berlebihan (*overloading*). Dampak nyata dari dua penyebab tersebut adalah kerusakan badan jalan sebelum umur teknis perencanaan terpenuhi. Dampak buruk lain yang disebabkan oleh kendaraan bermuatan berlebih (*overloading*) adalah berkurangnya tingkat keselamatan berkendara, kemacetan, dan kerusakan suku cadang kendaraan yang lebih cepat. Kerusakan perkerasan jalan yang terjadi merupakan gabungan dari beberapa faktor yang saling berkaitan. Oleh karena itu penulis ingin melakukan analisa tentang pengaruh beban berlebih terhadap umur rencana jalan (studi kasus : ruas jalan Manado-Bitung).

Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah untuk melakukan penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar pengaruh beban berlebih (*overloading*) terhadap umur rencana jalan.
2. Seberapa besar perubahan angka ekuivalen sumbu kendaraan yang melewati ruas jalan Manado - Bitung.

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Lokasi penelitian yaitu di ruas jalan Manado - Bitung, yang ditinjau di jalan Wolter Monginsidi Bitung yaitu sepanjang 9,3 km.
2. Survey untuk data LHR dilakukan dalam kurun waktu 1 minggu.
3. Metode yang digunakan untuk menghitung sisa umur perkerasan yaitu Metode *AASHTO 1993*.

Tujuan Penelitian

1. Menentukan angka ekuivalen kendaraan.
2. Menganalisa dampak beban kendaraan berlebih (*overloading*) terhadap umur rencana perkerasan jalan, sehingga dampak kelebihan muatan terhadap umur rencana jalan dapat diketahui.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menambah pengetahuan dan pemahaman di bidang Teknik Sipil, khususnya tentang pengaruh kelebihan beban terhadap umur rencana jalan.
2. Sebagai referensi untuk bahan acuan dan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan yang dalam hal ini adalah Dinas Bina Marga Provinsi Sulawesi Utara dan Dinas Lalu Lintas Angkutan Jalan Raya (DLLAJR).

LANDASAN TEORI

Pengertian Jalan

Berdasarkan UU RI No. 38 Tahun 2004 Tentang Jalan, bahwa yang dimaksud dengan Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu-lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Sedangkan menurut Hendarsin (2000), jaringan jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peranan penting pada sektor perhubungan darat terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa.

Klasifikasi Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan, fungsi jalan dan dimensi kendaraan maksimum (panjang dan lebar) kendaraan yang diijinkan melalui jalan tersebut, secara umum dapat dilihat dalam Tabel 1. berikut ini sesuai Undang - undang RI No. 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan:

Tabel 1. Klasifikasi Jalan Secara Umum Menurut Kelas, Fungsi, Dimensi Kendaraan Maksimum dan Muatan Sumbu Terberat (MST)

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi kendaraan maksimum		Muatan sumbu terberat (ton)
		Panjang	Lebar	
I	Arteri	18	2,5	> 10
II		18	2,5	10
III A		18	2,5	8
III A	Kolektor	18	2,5	8
III B		12	2,5	8
III C	Lokal	9	2,1	8

Sumber : UU RI No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (hal 16-17)

Berdasarkan Undang-Undang RI No. 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, maka jalan dapat di klasifikasikan menjadi 3 klasifikasi jalan, yaitu :

1. Klasifikasi berdasarkan fungsi jalan.
2. Klasifikasi berdasarkan administrasi pemerintahan.
3. Klasifikasi berdasarkan beban muatan sumbu.

Penentuan Jumlah Lajur

Jumlah lajur ditentukan berdasarkan prakiraan volume lalu lintas harian yang dinyatakan dalam smp/hari dan menyatakan volume lalu lintas untuk kedua arah. Dalam menghitung VLR, karena pengaruh berbagai jenis kendaraan, digunakan faktor ekivalen mobil penumpang (emp). Ketentuan nilai emp, untuk ruas jalan yang arusnya tidak dipengaruhi oleh persimpangan, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ekuivalensi Mobil Penumpang (Emp) Untuk Jalan Perkotaan Tak Terbagi (UD)

Tipe Jalan	Arus lalu lintas total dua arah (kend/jam)	HV	Emp	
			MC	
			Lebar jalur lalu lintas, Wc (m)	
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	0 s.d 1.800	1,3	0,50	0,40
	> 1.800	1,2	0,35	0,25
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	0 s.d 3.700	1,3	0,40	
	> 3.700	1,2	0,25	

Sumber: RSNI T- 14 – 2004) hal 7

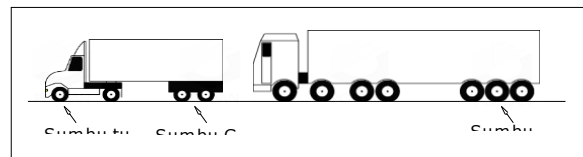
Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas adalah beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara ban dan muka jalan. Beban lalu

lintas merupakan beban dinamis yang terjadi secara berulang selama masa pelayanan jalan.

- Konfigurasi Sumbu dan Roda Kendaraan
Setiap kendaraan memiliki minimal dua sumbu yaitu sumbu depan (sumbu kendali) dan sumbu belakang (sumbu penahan beban). Masing - masing sumbu dilengkapi dengan satu roda atau dua roda. Berdasarkan konfigurasi sumbu dan jumlah roda yang dimiliki di ujung - ujung sumbu, maka sumbu kendaraan dibedakan atas :
a. Sumbu tunggal roda tunggal
b. Sumbu tunggal roda ganda
c. Sumbu ganda atau sumbu tandem roda tunggal
d. Sumbu ganda atau sumbu tandem roda ganda
e. Sumbu triple roda ganda

Gambar 1. menggambarkan kendaraan dengan konfigurasi sumbu tunggal, sumbu tandem, dan sumbu triple. Sebagai usaha mempermudah membedakan berbagai jenis kendaraan maka dalam proses perencanaan digunakan kode angka dan simbol.



Gambar 1. Konfigurasi Sumbu Kendaraan
Sumber: Sukirman 2010

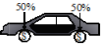

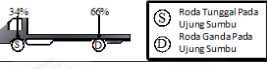


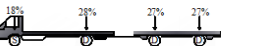


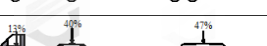
Konfigurasi sumbu dan kode untuk setiap jenis jenis kendaraan dapat dilihat pada Gambar 2. dibawah ini :

Kendaraan komersial bersumbu kaku		Kendaraan komersial gandengan/trailer	
	1.1		1.1-1
	1.2		1.1-11
	1.11		1.1-22
	1.22		1.2-1
	11.11		1.2-11
	11.2		1.2-2
	11.22		1.2-22
	+1.1		1.22-2
	+1.2		1.22-22
	+2.2		1.22-111

Gambar 2. Konfigurasi Sumbu dan Kodenya
Sumber: Sukirman 2010

Pada Tabel 3. dibawah ini menunjukkan distribusi beban sumbu dari berbagai jenis kendaraan.

Tabel 3. Distribusi Beban Sumbu dan Beban Kendaraan

Konfigurasi Sumbu & Tipe	Berat Kosong (Ton)	Beban Muatan Maksimum (Ton)	Berat Total Maksimum (Ton)	
1.1 Mobil Penumpang	1,5	0,5	2	
1.2 Bus	3	6	9	
1.2L Truk	2,3	6	8,3	
1.2H Truk	4,2	14	18,2	
1.22 Truk	5	20	25	
1.2+2.2 Trailer	6,4	25	31,4	
1.2+2 Trailer	6,2	20	26,2	
1.2+2.2 Trailer	10	32	42	
1.2+2.2.2 Trailer	11	34	45	

Sumber: Ditjen Bina Marga No. 01/ MN/ BM/ 1983 dan Permenhub No. 14 Tahun 2007

Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu (hari, jam atau menit). Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari lama waktu pengamatan untuk mendapatkan nilai lalu lintas harian rata-rata, dikenal 2 jenis lalu lintas harian rata-rata:

1. Lalu lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) merupakan jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365}$$

LHRT dinyatakan dalam smp/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 lajur 2 arah, smp/hari/1 lajur atau kendaraan/hari/1 arah untuk jalan berlajur banyak dengan median.

2. Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR) merupakan LHR adalah jumlah rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor, roda empat atau lebih selama 24 jam untuk kedua arah. LHR

setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana yang dihitung untuk dua arah tanpa median. Untuk dapat menghitung LHR haruslah tersedia data jumlah kendaraan yang terus menerus selama 1 tahun penuh. Mengingat akan biaya yang diperlukan dan membandingkan dengan ketelitian yang dicapai serta tak semua tempat mempunyai data volume lalu lintas selama 1 tahun, maka untuk kondisi tersebut dapat pula dipergunakan satuan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR).

Sehingga LHR juga dpt dihitung melalui hasil pembagian jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$LHR = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

Angka Ekuivalen Kendaraan atau Vehicle Damage Factor (VDF)

Angka ekuivalen adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal seberat 8160 kg atau 8,16 ton yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama apabila kendaraan tersebut lewat satu kali. Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan kendaraan dapat ditentukan berdasarkan beban sumbu setiap kendaraan dengan rumus :

- a. Angka ekuivalen sumbu tunggal

$$E = 1 \left(\frac{L}{8160} \right)^4$$
- b. Angka ekuivalen sumbu ganda

$$E = 0,086 \left(\frac{L}{8160} \right)^4$$
- c. Angka ekuivalen sumbu triple

$$E = 0,031 \left(\frac{L}{8160} \right)^4$$

Keterangan:

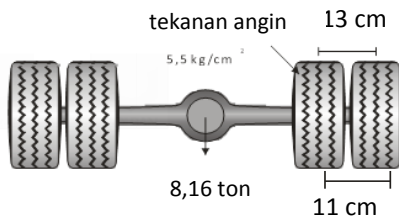
- E : Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan
- L : Beban sumbu kendaraan (kg)
- k : 1 untuk sumbu tunggal
0,086 untuk sumbu tandem
0,031 untuk sumbu triple

Berat gandar yang bervariasi dari lalu lintas dikonversikan ke suatu beban gandar standar sebesar 8,16 ton yang dikenal dengan *Equivalent Standard Axle Load (ESAL)*. Kriteria beban sumbu standar menurut Bina Marga adalah sebagai berikut :

- Beban sumbu 8160 kg
- Tekanan roda 1 ban + 5,5kg/cm² (0,55 Mpa)

- Lebar bidang kontak ban 11 cm
- Jarak antara masing-masing sumbu roda ganda 33 cm

Sumbu tunggal 8160 kg yang digunakan sebagai sumbu standar di Indonesia seperti terlampir pada Gambar 3. di bawah ini:



Gambar 3. Sumbu Standar 8,16 ton
Sumber: Sukirman, 2010

Umur Rencana

Umur Rencana (UR) adalah waktu yang ditentukan dari jalan mulai dibuka atau mulai digunakan sampai jalan perlu dilakukan perbaikan (*overlay*). Dalam perencanaan jalan, umumnya UR yang digunakan adalah 10 tahun. Umur Rencana (UR) yang akan digunakan dalam *traffic design* disesuaikan dengan jenis atau fungsi jalan. Untuk menghitung kumulatif lalu lintas selama umur rencana dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$W_{18} = \sum_{N_1}^{N_n} LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365$$

Sisa Umur (*Remaining Life*)

Sisa umur perkerasan jalan (*remaining life*) bertujuan untuk mengetahui seberapa besar sisa umur rencana jalan yang diakibatkan oleh beban berlebih dengan membandingkan dengan umur rencana jalan dalam keadaan normal. *Remaining life* dihitung menggunakan metode AASHTO dengan persamaan:

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right]$$

Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung dengan 2 macam metode, yaitu metode eksponensial dan metode regresi linear. Untuk mengetahui pertumbuhan lalu lintas di tahun selanjutnya digunakan rumus :

$$i = \sqrt[n]{\frac{LHR_0}{LHR_n}}$$

Beban Berlebih

Beban berlebih (*overloading*) adalah jumlah berat muatan kendaraan angkutan, penumpang, mobil barang, kendaraan khusus, kereta gandengan, dan kereta tempelan yang diangkut melebihi dari jumlah yang diijinkan (JBI) atau Muatan Sumbu Terberat (MST) melebihi kemampuan kelas jalan yang ditetapkan (*Perda Prov. Kaltim No. 09 Tahun 2006*).

Untuk roda tunggal penentuan angka ekuivalen rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Angka ekuivalen roda tunggal = (beban gandar satu sumbu tunggal, kN / 53 kN)⁴
- Semua beban kendaraan dengan gandar yang berbeda diekuivalenkan ke dalam beban standar gandar dengan menggunakan angka ekuivalen beban sumbu tersebut sehingga diperoleh beban kendaraan yang ada dalam sumbu standar (*Equivalent Single Axle Load*) 18 kip *ESAL*. Penambahan beban melebihi beban sumbu standar pada sumbu kendaraan akan mengakibatkan penambahan daya rusak yang cukup signifikan. Kerusakan terjadi lebih cepat karena konsentrasi beban pada setiap roda kendaraan sangat tinggi akibat jumlah axle yang terbatas apalagi dengan adanya beban berlebih, karena pada perencanaan perkerasan jalan masih mengacu kepada desain kendaraan untuk muatan normal.

IRI (*International Roughness Index*)

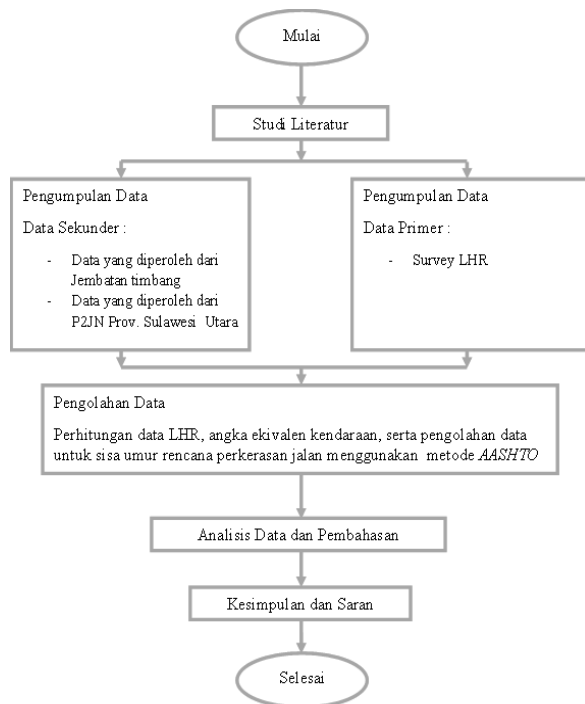
IRI (*International Roughness Index*) adalah index yang menunjukkan besaran kekasaran permukaan jalan. Survey IRI ini dimaksud untuk mendapatkan data mengenai kondisi lapisan permukaan jalan. Survey ini dapat dilaksanakan secara visual atau dengan menggunakan alat *NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities)*. Pengelompokan klasifikasi kondisi jalan berdasarkan nilai IRI disajikan dalam Tabel 4. berikut ini :

Tabel 4. Hubungan Antara Nilai dengan Klasifikasi Kondisi Jalan

Nilai IRI	Kondisi
< 4	Baik
4 – 8	Sedang
8 – 12	Rusak Ringan
>12	Rusak Berat

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

PRESENTASI DATA DAN PEMBAHASAN

Data Inventarisasi Jalan

Jalan yang akan digunakan untuk penelitian ini yaitu ruas jalan Wolter Monginsidi Bitung. Berikut ini merupakan data geometrik dari ruas jalan Wolter Monginsidi Bitung :

- a. Fungsi jalan : Jalan Arteri
- b. Kelas jalan : Kelas I
- c. Status jalan : Jalan Nasional
- d. Tipe jalan : 2/2 UD
- e. Lebar jalan : 6 m
- f. Lebar bahu jalan : 2 m
- g. Panjang jalan : 9,3 Km
- h. Tipe lapis perkerasan : AC-WC

Data Volume Lalu Lintas

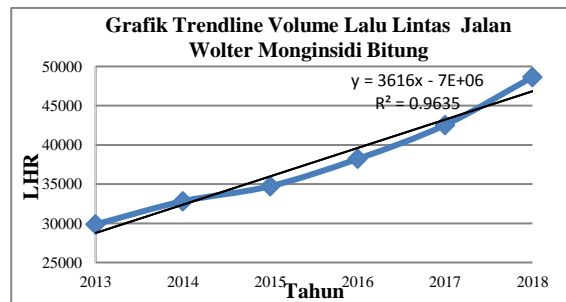
Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur, satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan adalah lalu lintas harian rata-rata (LHR). Berikut merupakan data LHR ruas jalan Wolter Monginsidi Bitung:

Tabel 5. LHR Ruas Jalan Wolter Monginsidi Bitung (Kendaraan/hari)

No.	Jenis Kendaraan	Karakteristik	Volume Kendaraan/hari					
			2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	Sedan/ Jip/ Station Wagon	LV	8753	9542	9870	10189	10362	13223
2	Bus Kecil	LV	180	160	189	176	201	230
3	Bus Besar	HV	135	99	123	145	130	189
4	Pickup	LV	1720	1806	1872	1954	2056	3090
5	Truk Ringan	HV	69	103	98	127	151	261
6	Truk Sedang	HV	639	782	866	860	1120	1267
7	Truk Berat	HV	395	489	431	551	672	758
8	Truk Trailer 1.2-2	HV	74	92	173	171	156	144
9	Truk Trailer 1.2-2.2	HV	56	159	87	89	180	187
10	Truk Gandeng 1.2+2.2	HV	59	30	24	37	29	44
11	Sepeda Motor	MC	17750	19531	20956	23891	27451	29238
12	Kendaraan tidak bermotor		28	19	25	20	26	10
Jumlah			29858	32812	34730	38210	42534	48641

Sumber: P2JN Provinsi Sulawesi Utara dan Hasil Survey LHR Tahun 2018

Dari Tabel 5. diatas maka akan diperoleh grafik trendline. Trendline merupakan garis yang dibuat melalui perhitungan secara statistik. Grafik trendline untuk volume lalu lintas di jalan Wolter Monginsidi Bitung, seperti yang terlampir di bawah ini:



Gambar 5. Grafik Trendline Volume Lalu Lintas

Data Beban Kendaraan

Untuk data beban dari setiap jenis kendaraan bermuatan normal dapat dilihat pada Tabel 6. di bawah ini:

Tabel 6. Berat Muatan Normal Kendaraan

No.	Jenis Kendaraan	Berat Muatan Normal (Kg)
1.	Sedan/ Jip/ Station Wagon (Mobil Penumpang)	2000
2.	Bus Kecil	5100
3.	Bus Besar	9000
4.	Pickup	2300
5.	Truk Ringan	5100
6.	Truk Sedang	8300
7.	Truk Berat	25000
8.	Truk Trailer 1.2-2	26200
9.	Truk Trailer 1.2-2.2	42000
10.	Truk Gandeng 1.2+2.2	31400

Sumber: Manual Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam

Dengan adanya kendaraan-kendaraan yang melanggar ketentuan muatan dari jumlah berat yang diijinkan, maka melalui jembatan timbang diperoleh data berat muatan berlebih seperti yang terlampir di bawah ini :

Tabel 7. Berat Muatan Berlebih (*Overload*)

No.	Jenis Kendaraan	Berat Muatan Berlebih (Kg)
1.	Pickup	3550
2.	Truk Ringan	7530
3.	Truk Sedang	14120
4.	Truk Berat	33390
5.	Truk Trailer 1.2-2	35250
6.	Truk Trailer 1.2-2.2	52270
7.	Truk Gandeng 1.2+2.2	43960

Sumber: Jembatan Timbang Wangurer Timur, Bitung 2018

Data Jumlah Kendaraan *Overload*

Untuk jumlah kendaraan *Overload* perhari dapat dilihat pada Tabel 8.

Menghitung Angka Ekuivalen Kendaraan atau *Vehicle Damage Factor (VDF)*

Rekapitulasi perhitungan kumulatif angka ekuivalen kendaraan atau *Vehicle Damage Factor (VDF)* muatan normal dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Kumulatif Angka Ekuivalen Kendaraan atau *Vehicle Damage Factor (VDF)* Muatan Normal

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan/ hari	Jumlah Kendaraan/ tahun	VDF Muatan Normal	Kumulatif VDF Muatan Normal
1.	Mobil Penumpang	13223	4826395	0,00045	2177,169407
2.	Pick Up	3090	1127850	0,00128	2601,79824
3.	Bus Kecil	230	83950	0,03099	20734,65994
4.	Bus Besar	189	68985	0,30057	1445,888817
5.	Truk Ringan (Truk Box 1.1)	261	95265	0,03099	2952,475394
6.	Truk Sedang 1.2	1267	462455	0,21741	100543,5139
7.	Truk Berat 1.2.2	758	276670	2,74157	758510,8658
8.	Truk Trailer 1.2-2	144	52560	6,11791	321557,2049
9.	Truk Trailer 1.2-2.2	187	68255	10,18292	695035,4026
10.	Truk Gandeng 1.2+2.2	44	16060	3,90833	62767,73363
Total					1968326,713

Sumber : Hasil Pengolahan Data 2018

Tabel 10. Kumulatif Angka Ekuivalen Kendaraan atau *Vehicle Damage Factor (VDF)* Muatan Berlebih

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah kendaraan <i>Overload</i> per hari	Jumlah kendaraan <i>Overload</i> per tahun	VDF Muatan Berlebih	Kumulatif VDF Muatan Berlebih
1.	Pick Up	62	22630	0,00728	1581,531
2.	Truk Ringan (Truk Box 1.1)	47	17155	0,14728	4947,440
3.	Truk Sedang 1.2	65	23725	1,82100	138588,731
4.	Truk Berat 1.2.2	113	41245	8,72379	1005247,572
5.	Truk Trailer 1.2-2	62	22630	20,04630	636756,715
6.	Truk Trailer 1.2-2.2	87	31755	24,42785	1147383,152
7.	Truk Gandeng 1.2+2.2	35	12775	15,01423	204645,636
Total					3139150,777

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2018

Tabel 8. Data Jumlah Kendaraan *Overload*

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan <i>Overload</i> perhari	Jumlah Kendaraan <i>Overload</i> per tahun
1.	Pickup	62	22630
2.	Truk Ringan	47	17155
3.	Truk Sedang	65	23725
4.	Truk Berat	113	41245
5.	Truk Trailer 1.2-2	62	22630
6.	Truk Trailer 1.2-2.2	87	31755
7.	Truk Gandeng 1.2+2.2	35	12775

Sumber: Jembatan Timbang Wangurer Timur, Bitung 2018

Dari perhitungan kumulatif angka ekuivalen kendaraan atau *Vehicle Damage Factor (VDF)* untuk muatan normal diatas, kumulatif *VDF* yaitu sebesar 1.968.326,713 *ESAL* per tahun. Sehingga kumulatif *VDF* untuk muatan normal selama umur rencana 10 tahun yaitu :

$$= \text{Kumulatif VDF per tahun} \times \text{Umur Rencana}$$

$$= 1.968.326,713 \times 10$$

$$= 19.683.267,13 \text{ ESAL}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan kumulatif angka ekuivalen kendaraan atau *Vehicle Damage Factor (VDF)* muatan berlebih dapat dilihat pada Tabel 10.

Dari perhitungan kumulatif angka ekivalen kendaraan atau *Vehicle Damage Factor (VDF)* muatan berlebih diatas, kumulatif *VDF* muatan berlebih (*overload*) yaitu sebesar 3.139.150,777 *ESAL* per tahun. Sehingga kumulatif *VDF* untuk muatan berlebih (*overload*) selama umur rencana 10 tahun yaitu :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kumulatif } VDF \text{ muatan berlebih (overload)} \\
 &\quad \text{per tahun} \times \text{Umur Rencana} \\
 &= 3.139.150,777 \times 10 \\
 &= 31.391.507,77 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

Pembahasan Persentase Peningkatan VDF Kumulatif Akibat Muatan Berlebih

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh hasil sebagai berikut :

- *VDF* kumulatif muatan normal selama umur rencana 10 tahun yaitu 19.683.267,13 *ESAL*
- *VDF* kumulatif muatan berlebih (*overload*) selama umur rencana 10 tahun yaitu 31.391.507,77 *ESAL*

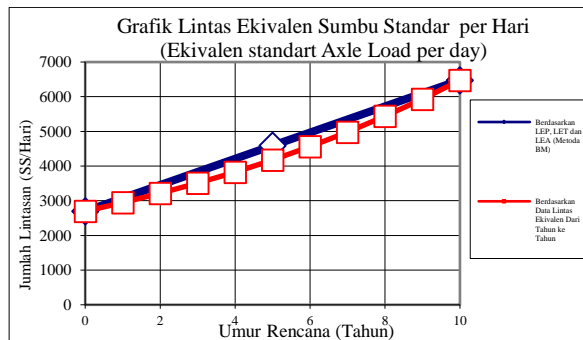
Maka diperoleh peningkatan *VDF* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &\text{Peningkatan } VDF \text{ per tahun} \\
 &= \text{Total } VDF \text{ kumulatif muatan berlebih -} \\
 &\quad \text{VDF kumulatif muatan normal} \\
 &= 31.391.507,77 - 19.683.267,13 \\
 &= 11.708.240,64
 \end{aligned}$$

Sehingga persentase *VDF* kumulatif muatan berlebih adalah sebagai berikut :
 Persentase peningkatan *VDF* kumulatif :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{peningkatan } VDF}{\text{Total } VDF \text{ kumulatif muatan normal}} \times 100\% \\
 &= \frac{11708240,64}{19.683.267,13} \times 100\% \\
 &= 59,483\%
 \end{aligned}$$

Gambar 6. adalah grafik untuk lintas ekivalen sumbu standar per hari.



Gambar 6. Grafik Lintas Ekivalen Sumbu Standar per Hari

Pembahasan Umur Rencana Jalan berdasarkan Analisa Kumulatif ESAL

a. Persentase Penurunan Umur Rencana pada Muatan Normal

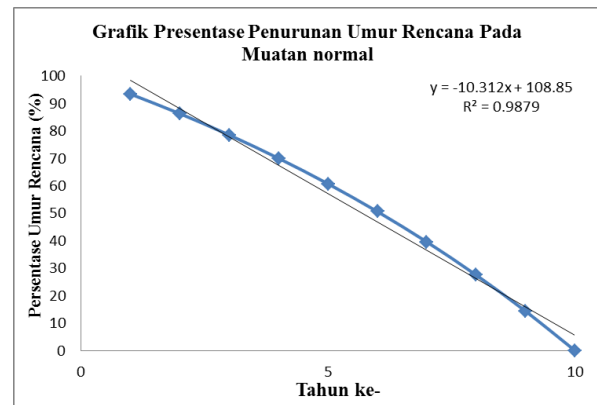
Hasil perhitungan persentase penurunan umur rencana muatan normal dapat dilihat pada Tabel 11. di bawah ini :

Tabel 11. Persentase Umur Rencana Muatan Normal

No.	Tahun ke-	N _p (ESAL)	N _{1,5} (ESAL)	RL (%)
1.	1	984163,356	15066987,71	93,468
2.	2	2058476,076	15066987,71	86,338
3.	3	3231195,841	15066987,71	78,554
4.	4	4511336,736	15066987,71	70,058
5.	5	5908738,538	15066987,71	60,784
6.	6	7434142,344	15066987,71	50,659
7.	7	9099273,139	15066987,71	39,608
8.	8	10916929,915	15066987,71	27,544
9.	9	12901084,052	15066987,71	14,375
10.	10	15066986,707	15066987,71	0

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2018

Dari perhitungan diatas maka diperoleh grafik presentase penurunan umur rencana pada muatan normal, seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Presentase Penurunan Umur Rencana pada Muatan Normal

b. Persentase Penurunan Umur Rencana pada Muatan Berlebih

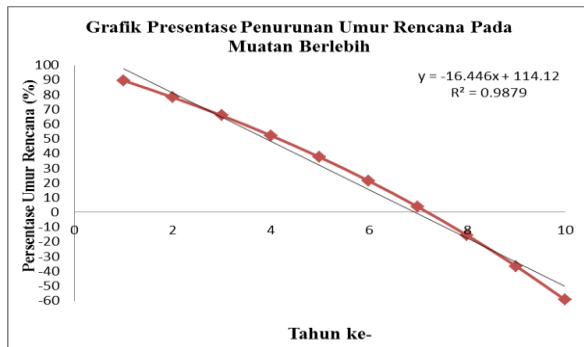
Hasil perhitungan persentase penurunan umur rencana dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Persentase Umur Rencana Muatan Berlebih

No.	Tahun ke-	N _p (ESAL)	N _{1,5} (ESAL)	RL (%)
1.	1	1569575,388	15066987,71	89,583
2.	2	3282923,882	15066987,71	78,211
3.	3	5153215,098	15066987,71	65,798
4.	4	7194824,990	15066987,71	52,248
5.	5	9423446,347	15066987,71	37,456
6.	6	11856209,421	15066987,71	21,310
7.	7	14511813,593	15066987,71	3,685
8.	8	17410671,106	15066987,71	-15,555
9.	9	20575063,968	15066987,71	-36,557
10.	10	24029315,216	15066987,71	-59,483

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2018

Dari perhitungan diatas maka diperoleh grafik presentase penurunan umur rencana pada muatan berlebih, seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Presentase Penurunan Umur Rencana pada Muatan Berlebih

Dari grafik tersebut dapat diperoleh nilai umur rencana pada saat persentase umur rencana 0%, diketahui dari grafik tersebut persentase 0% terjadi di antara tahun ke-7 dan tahun ke-8. Pada tahun ke-7 persentase umur rencana 3,685% dan pada tahun ke-8 persentase umur rencana-15,555%. Sehingga, perhitungannya menjadi sebagai berikut:

$$\frac{3,685\% + 15,555\%}{8-7} = \frac{3,685\%}{x}$$

$$X = \frac{3,685\%}{3,685\% + 15,555\%} \times (8-7) = 0,192$$

Sehingga nilai umur rencana pada saat nilai persentase umur rencana mencapai 0% adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Nilai umur rencana} &= 7 + X \\ &= 7 + 0,192 \\ &= 7,192 \text{ tahun} \end{aligned}$$

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

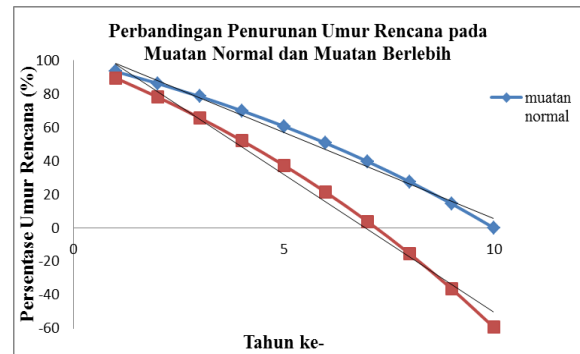
$$\begin{aligned} \text{Penurunan umur rencana} &= 10 - 7,192 \\ &= 2,808 \text{ tahun} \\ &= 28,08\% \end{aligned}$$

Berikut merupakan perbandingan persentase penurunan pada muatan normal dengan muatan berlebih:

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah diuraikan tentang pengaruh muatan berlebih terhadap umur rencana, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:



Gambar 9. Grafik Perbandingan Penurunan Umur Rencana pada Muatan Normal dan Muatan Berlebih

1. Angka ekuivalen atau *Vehicle Damage Factor (VDF)* untuk muatan normal selama umur rencana 10 tahun yaitu 19.683.267,13 *ESAL* sedangkan angka ekuivalen atau *Vehicle Damage Factor (VDF)* untuk muatan berlebih selama umur rencana 10 tahun yaitu 31.391.507,77 *ESAL*.
2. Dampak dari beban berlebih mengakibatkan penurunan umur rencana, berdasarkan metode *AASHTO 1993* penurunan umur rencana yaitu sebesar 28,08% atau terjadi penurunan umur rencana sebesar 2,808 tahun. Sehingga persentase peningkatan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih (*overload*) adalah sebesar 59,483%. Adapun persentase kendaraan dengan muatan berlebih (*overload*) yang menyebabkan kerusakan diperoleh untuk pickup sebesar 54,35%, truk ringan sebesar 47,65%, truk sedang sebesar 70,121%, truk berat sebesar 33,56%, truk trailer 1.2-2 sebesar 34,54%, truk trailer 1.2-2.2 sebesar 24,45%, dan truk gandeng sebesar 40%.

Saran

Berdasarkan pada hasil penelitian, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Diperlukan kesadaran dari pengguna jalan untuk mematuhi peraturan agar supaya tidak melanggar ketentuan untuk berat muatan maksimum kendaraan yang diijinkan.
2. Perlu adanya pengawasan terhadap kendaraan yang melintasi ruas jalan Wolter Monginsidi, Bitung dengan cara mengatur supaya kendaraan yang ingin melintasi jalan tersebut (khususnya untuk kendaraan-kendaraan berat) diharuskan melintasi jembatan timbang terlebih dahulu.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO.1993. *Guide for Design of Pavement Structure* 1993. American Association of State Highways and Transportation Officials, Washington, D.C, USA.
- Koestalam, Pindari dan Sutoyo. 2010, *Perancangan Tebal Perkerasan Jenis Lentur (Flexible Pavement) dan Jenis Kaku (Rigid Pavement) (Sesuai AASHTO,1986)*, Yayasan Badan Penerbit PekerjaanUmum PT. Mediatama Saptakarya, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987, *Petunjuk Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2004. *Standar Geometri Jalan Perkotaan (RSNI T- 14 – 2004)*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Pandey, Sisca V. 2013. *Kerusakan Jalan Daerah Akibat Beban Overloading*, Jurnal Sipil Statik. Volume 11 No. 58 April 2013.
- Pandey, Sisca V dan Lucia Lalamentik. 2014. *Kelas Jalan Daerah Untuk Angkutan Barang*, Jurnal Sipil Statik. Volume 112 No. 60 April 2014.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 *Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 *Tentang Jalan*.
- Sukirman, Silvia. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sentosa, Leo dan Asri Awal Roza. 2012. *Analisa Dampak Beban Overloading Kendaraan pada Struktur Rigid Pavement Terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simpang Lago - Sorek Km 77 s/d 78)*, Universitas ITB.
- Mudianto, Arif. 2015. *Analisa Dampak Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Pahlawan, Kec. Citeureup, Kab. Bogor)*, Universitas Pakuan, Bogor.
- Situmorang, Rikki Andreanus, dkk. 2012. *Analisa Kinerja Jalan dan Perkerasan Lentur Akibat Pengaruh Muatan Lebih (Overloading) (Studi Kasus: Ruas Jalan Semarang - Kendal)*, Universitas Diponegoro, Semarang.