

PENGARUH MUATAN TRUK BERLEBIH TERHADAP NILAI KERUSAKAN DAN BIAYA PEMELIHARAAN JALAN RUAS CIKAMPEK-PAMANUKAN

M Abdul Aziz G.¹, Budi Hartanto Susilo²

^{1,2}Magister Teknik Sipil, Universitas Trisakti

e-mail : aziz_hansamu@yahoo.com

Abstract

Cikampek-Pamanukan Road is the main route of Pantura in the area of West Java Province. The proportion of truck traffic in the lane tend to be higher along with the high traffic of goods. The research conducted in the Cikampek-Pamanukan section aims to analyze the magnitude of the effect of overloaded truckloads on the road damage value, to analyze the magnitude of the effect of overhead truckloads on road maintenance costs, and the costs incurred due to excessive truckloads. Methods The study was conducted by conducting a road damage survey from March to December 2016, and an overload truck survey using WIM tools from January to December 2014. The results showed the effect of overload loading on vehicle damage (ESAL) in the form of exponential curve with the equation $Y = 23,722e^{0,0264x}$. The influence of overload truck volume on road damage resulted in Cirebon $Y = 7,4823066 - 0,0000048X1 + 0,004239X2$, and Jakarta $Y = 172,9392 + 0,00009X1 - 0,00830X2$. The effect of overloaded truckloads on road maintenance costs with over 10% MST loading, resulting in a cost of Rp. 733.180.483,72

Keywords: *Excess Truckload, Road Damage Value, Maintenance Cost*

Abstrak

Ruas Jalan Cikampek-Pamanukan merupakan jalur utama pantura yang berada di wilayah Provinsi Jawa Barat. Proporsi lalu lintas truk di jalur tersebut kecenderungannya semakin tinggi seiring dengan tingginya lalu lintas barang. Penelitian yang dilakukan di ruas Cikampek-Pamanukan bertujuan untuk menganalisis besarnya pengaruh muatan truk berlebih terhadap nilai kerusakan jalan, menganalisis besarnya pengaruh muatan truk berlebih terhadap biaya pemeliharaan jalan, dan biaya yang ditimbulkan akibat muatan truk berlebih. Metoda Penelitian dilakukan dengan melakukan survei kerusakan jalan dari Bulan Maret sampai Desember 2016, dan survei muatan truk berlebih dengan menggunakan alat WIM dari Bulan Januari sampai dengan Desember tahun 2014. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh pembebanan muatan berlebih terhadap daya rusak kendaraan (Esal) berbentuk kurva eksponensial dengan persamaan $Y = 23,722e^{0,0264x}$. Pengaruh volume muatan truk berlebih terhadap nilai kerusakan jalan menghasilkan Persamaan arah Cirebon $Y = 7,4823066 - 0,0000048X1 + 0,004239X2$, dan arah Jakarta $Y = 172,9392 + 0,00009X1 - 0,00830X2$. Pengaruh muatan truk berlebih terhadap biaya pemeliharaan jalan dengan pembebanan muatan berlebih minimal 10 % MST, menghasilkan biaya yang harus ditanggung sebesar Rp. 733.180.483,72.

Kata kunci: *Muatan Truk Berlebih, Nilai Kerusakan Jalan, Biaya Pemeliharaan*

Pendahuluan

Ruas jalan nasional Pantura Cikampek-Pamanukan merupakan bagian dari jalan nasional lintas Pantura utama yang dibangun sejak jaman Daendels Tahun 1808-1811, berada di wilayah Kabupaten Karawang dan Kabupaten Subang,

yang menghubungkan antar provinsi sebagai jalan strategis nasional karena berfungsi sebagai jalur penghubung logistik dari daerah menuju ke pusat ibukota Jakarta. Proporsi lalu lintas truk di pantura kecenderungannya semakin tinggi seiring tingginya lalu lintas barang akibat pertumbuhan ekonomi. Proporsi truk pada tahun 2007 adalah

sekitar 19%, sedangkan pada tahun 2012 menjadi sekitar 46% (Sumber : dit Bina Marga, 2013). Proporsi tersebut mendapat cukup perhatian, mengingat beban truk memiliki daya rusak terhadap jalan yang paling besar. Permasalahan umum yang sering terjadi di ruas utama Jalan Pantura adalah kerusakan yang parah dan selalu berulang selalu terjadi di musim penghujan terutama mulai Bulan November, Desember, Januari, Februari, Maret, April.

Lutfah (2015) telah melakukan penelitian muatan truk berlebih terhadap umur rencana dan biaya kerugian pengguna jalan. Dalam penelitian tersebut membahas Penurunan umur rencana jalan akibat beban overloading kendaraan berat angkutan barang di sekitar jembatan timbang Lamongan.

Anugrah Damhir (2012) melakukan penelitian analisis rehabilitasi dan pemeliharaan jalan akibat muatan berlebih, Penelitian ini berupa perhitungan muatan kelapa sawit yang mengangkut muatan berlebih sehingga hanya berlaku pada lokasi tempat dilakukan penelitian.

Berdasarkan latar belakang diatas maka tujuan penelitian ini adalah

- a. menganalisis pengaruh muatan truk berlebih
- b. menganalisis volume muatan truk berlebih terhadap kerusakan jalan
- c. menghitung biaya yang timbul akibat muatan berlebih.

Tinjauan Teori

Penilaian Kerusakan Jalan

Salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis nilai kondisi jalan adalah metode Bina Marga yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga No.018/T/BNKT/1990. Langkah-langkah untuk memperoleh nilai kondisi jalan yang dijelaskan dalam metode penilaian kerusakan jalan menurut Dhana Rahma. R,dkk, (2015),. Menggunakan tahapan sebagai berikut :

- a. Nilai Persentase Kerusakan (Np)

Np Merupakan jumlah luas kerusakan jalan yang dibandingkan dengan luas kerusakan yang ditinjau, dari hasil perbandingan tersebut akan muncul hasil nilai persentase kerusakan (Np). Untuk mencari nilai Np menggunakan Persamaan 1

$$Np = \frac{\text{Luas Jalan Rusak}}{\text{Luas Jalan Keseluruhan}} \times 100\% \dots\dots\dots 1$$

Keterangan :

Np = Nilai Persentase Kerusakan

Dari hasil nilai persentase kerusakan ini maka akan dibagi menjadi 4 kategori yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Tabel Kategori Kerusakan Jalan.

No.	Kategori	Persentase (%)	Nilai
1.	Sedikit sekali	< 5%	2
2.	Sedikit	5% - 20%	3
3.	Sedang	21% - 40%	5
4.	Banyak	> 40%	7

Sumber : Dhana Rahma. R,dkk, (2015)

- b. Nilai Bobot Kerusakan Jalan (Nj)

Nj Merupakan Nilai bobot kerusakan jalan sesuai dengan jenis kerusakan, bobot nilai ini sudah ditentukan dalam Tabel 2

Tabel 2 Tabel Nilai Kerusakan Jalan

No	Jenis Kerusakan	Nj
1.	Konstruksi beton/aspal tanpa kerusakan	2
2.	Konstruksi penetrasi tanpa kerusakan	3
3.	Tambalan	4
4.	Retak	5
5.	Lepas	5,5
6.	Lubang	6
7.	Alur	6
8.	Gelombang	6,6
9.	Ambas	7
10.	Belahan	7

Sumber : Dhana Rahma. R,dkk, (2015)

- c. Nilai Jumlah Kerusakan Jalan (Nq)

Nq yaitu nilai jumlah kerusakan. Besarnya nilai jumlah kerusakan (Nq) diperoleh dari perkalian antara nilai Np dengan nilai Nj, sesuai Persamaan 2

$$Nq = Np \times Nj \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

Nq = Besaran jumlah kerusakan jalan

Np = Nilai persentase kerusakan jalan

Nj = Nilai jumlah kerusakan jalan

- d. Nilai Kerusakan Jalan (Nr)

Merupakan jumlah total dari setiap nilai jumlah kerusakan pada suatu ruas jalan.

- e. Pemilihan Prioritas Lokasi Kerusakan

Penentuan pemilihan prioritas lokasi kerusakan jalan dilakukan berdasarkan angka kerusakan jalan tiap kilometer jalan yang memiliki nilai kerusakan jalan (Nr) melebihi nilai batas tertentu. Nilai batas ini dapat dihitung antara lain dengan menggunakan metode Batas Kontrol Atas (BKA) dan *Upper Control Limit* (UCL), (Bolla. M., dkk.,2013). Nilai Batas Kontrol Atas (BKA) ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3 berikut:

$$BKA = C + 3 \sqrt{C} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

C = Rata-rata Nilai Kerusakan Jalan

Nilai UCL (*Upper Control Limit*) ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$UCL = \lambda + \omega \sqrt{\left(\left(\frac{\lambda}{m} \right) + \left(\frac{0,829}{m} \right) + \left(\frac{1}{2xm} \right) \right)} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

UCL = Upper Control Limit

λ = Rata-rata Angka Kerusakan Jalan

ω = Faktor probabilitas = 2.576

m = Angka Kerusakan Ruas Jalan Yang Ditinjau

Pertumbuhan Volume Lalu Lintas

Analisis Volume Arus Lalu Lintas adalah memprediksi pertumbuhan volume arus lalu lintas. Prediksi arus lalu lintas pada penelitian ini akan dilakukan pada Tahun 2014 – 2016 (2 tahun). Faktor pertumbuhan volume lalu lintas jalan menggunakan Persamaan 5 (Susilo B.H, 2015) :

$$Pt = Po \times [(1+i)]^n \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

Pt = Prediksi volume lalu lintas pada tahun t (kend/hari)

Po = Volume lalu lintas hasil survei(kend/hari)

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas (%)

n = Perkiraan jangka waktu (tahun)

Muatan Berlebih

Penyimpangan beban lalu lintas terjadi jika kendaraan berat mengangkut muatan melebihi daya angkut yang diijinkan. Salah satu dampak yang timbul akibat penyimpangan beban tersebut adalah angka ekuivalen bertambah besar. Kerusakan jalan yang diakibatkan oleh berat dan lintasan kendaraan dinyatakan dalam angka ekuivalensi (AE) atau *Equivalent Single Axle Load* (ESAL), atau dalam bahasa lain *Vehicle Damage Factor* (VDF) yaitu adalah perbandingan antara daya rusak oleh muatan sumbu suatu kendaraan terhadap daya rusak oleh beban sumbu standar. Rumus angka ekuivalen kendaraan dibedakan sesuai dengan jenis sumbunya yang dihitung dengan menggunakan persamaan Liddle sesuai dengan Persamaan 6 sampai Persamaan 8 (SKBI 2.3.28.1988) :

Angka Ekuivalen Sumbu tunggal

$$ESAL\ STRT = \frac{(beban\ satu\ sumbu\ tunggal\ dalam\ kg)^4}{8160} \dots\dots\dots(6)$$

Angka Ekuivalen Sumbu Ganda

$$ESAL\ SGRT = 0,086 \times \frac{(beban\ satu\ sumbu\ ganda\ dalam\ kg)^4}{8160} \dots\dots\dots(7)$$

Angka Ekuivalen Sumbu Triple

$$ESAL\ SGRG = 0,053 \times \frac{(beban\ satu\ sumbu\ triple\ dalam\ kg)^4}{8160} \dots\dots\dots(8)$$

Peningkatan nilai faktor daya rusak dihitung sebagai berikut:

$$\% \text{ Peningkatan VDF} = \frac{ESal\ Overload - ESal\ Norma}{ESal\ Norma} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

Muatan Sumbu Terberat yang diterapkan di Negara Indonesia yaitu MST 8 Ton dan MST 10 Ton, seperti tercantum dalam UU No. 22 tahun 2009 pasal 19 ayat 2, Seperti terlihat pada Tabel 3. Untuk kendaraan peti kemas atau kendaraan berat lainnya diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : 14 Tahun 2007 Tentang Kendaraan Pengangkut Peti Kemas Di Jalan, yang ditunjukkan dalam Tabel 4.

Biaya Pemeliharaan Jalan

Kerusakan jalan akibat beban muatan berlebih menyebabkan terjadinya biaya tambahan (*additional cost*) terhadap penanganan kerusakan jalan tersebut. D. Oetoyo (2007) mengatakan bahwa biaya kerusakan jalan yang ditimbulkan oleh muatan berlebih pertahunnya untuk tiap ESAL (*Equivalent Single Load*) dirumuskan dalam Persamaan 10 biaya muatan berlebih

$$Biaya\ Muatan\ berlebih = \frac{Cesal\ Overload}{Cesal\ Normal} \times Biaya\ Satuan\ Terlaksana \dots\dots\dots(10)$$

Biaya satuan terlaksana atau biaya pekerjaan didapat dari HPS/OE tahun 2016, sesuai dengan Tabel 5

Tabel 3 Tabel Kelas Jalan dan MST yang digunakan

KELAS JALAN	FUNGSI JALAN	Dimensi Maksimum dan Muatan Sumbu Terberat (MST) Kendaraan Bermotor yang harus mampu ditampung			
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	MST (Ton)	Tinggi (mm)
	Khusus	≥ 2500	≥ 18000	≥ 10	Ukuran paling tinggi 4.200 mm
I	Arteri dan Kolektor	2500	18000	≤ 10	
II	Arteri, Kolektor, Lokal dan Lingkungan	2500	11000	≤ 8	
III	Arteri, Kolektor, Lokal dan Lingkungan	2100	9000	≤ 8	Ukuran paling tinggi 3.500 mm

Tabel 4 Beban MST untuk Angkutan Truk Peti Kemas

No	Konfigurasi As dan Roda Truk	MST	Ket
1	Roda Tunggal	8	Tidak diatur ijin untuk beroperasi pada fungsi jalan atau jelas jalan tertentu
	Roda Ganda	10	
2	Sumbu Ganda (Tandem)	18	
3	Sumbu Tiga (Tripel)	21	

Tabel 5 Biaya Pemeliharaan Jalan per Kilometer tahun 2016

NO	KOMPONEN	SAT	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A. TENAGA					
1.	Pekerja Biasa	Jam	126,00	10.267,86	1.293.750,36
2.	Mandor	Jam	25,20	15.410,71	388.349,89
JUMLAH HARGA TENAGA					1.682.100,25
B. BAHAN					
1.	Campuran Aspal Panas	M3	14,50	2.010.000,00	29.145.000,00
2.	Campuran Aspal Dingin	M3	14,10	1.200.000,00	16.920.000,00
3.	Aspal Pengisi Retak	Liter	1.200,00	11.000,00	13.200.000,00
4.	Bahan-bahan lainnya	%	5,70	12.500,00	71.250,00
JUMLAH HARGA BAHAN					59.336.250,00
C. PERALATAN					
1.	Motor Grader	Jam	8,40	282.750,00	2.375.100,00
2.	Jack Hammer	Jam	8,40	220.000,00	1.848.000,00
3.	Genset	Jam	8,40	220.000,00	1.848.000,00
4.	Dump Truck	Jam	8,40	380.000,00	3.192.000,00
5.	Pedestrian Roller	Jam	8,40	44.000,00	369.600,00
6.	Alat Bantu	Ls	1,00	10.000,00	10.000,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					7.267.600,00
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				68.285.950,25
E.	OVERHEAD & PROFIT	10,0 % x D			6.828.595,03
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				75.114.545,28
G.	HARGA SATUAN PEKERJAAN DIBULATKAN				75.114.000,00

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di ruas jalan nasional Cikampek-Pamanukan sepanjang 20,00 Km, dengan lokasi di Km 117+000 sampai dengan 137+000. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- Melakukan survei luas kerusakan jalan, perhitungan volume muatan truk berlebih yang melewati ruas tersebut
- Menyiapkan Peta Situasi, Harga Satuan yang sedang berjalan
- Menghitung VDF, ESAL, Volume Muatan Truk berlebih terhadap Luas kerusakan jalan, dan Muatan Truk berlebih terhadap Biaya Pemeliharaan Jalan
- Menganalisis pengaruh antara muatan truk berlebih terhadap kerusakan jalan, pengaruh muatan truk berlebih terhadap biaya pemeliharaan jalan, dan biaya yang timbul akibat muatan truk berlebih.

Data hasil penimbangan muatan truk berlebih dengan menggunakan alat WIM, dikelompokkan terhadap golongan kendaraan berat yang melanggar, kemudian diklasifikasikan berdasarkan persentase kelebihan beban muatannya terhadap batasan muatan sumbu terberat (MST). Klasifikasi Pembebanan dilakukan tiap peningkatan 10 % beban muatan sumbu kendaraan. Lalu dilanjutkan dengan perhitungan VDF dan ESAL masing-masing golongan kelebihan muatan. Sehingga dapat dihitung biaya pemeliharaan jalan akibat kelebihan muatan yang harus ditanggung.

Hasil Dan Pembahasan

Analisis Muatan Truk Berlebih

Hasil dari pengukuran alat WIM di ruas jalan Cikampek-Pamanukan ini, sekaligus menjadi data primer peneliti yang dipergunakan dalam tesis ini, hasil pengukuran jumlah kendaraan muatan berlebih tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Dikarenakan penelitian kerusakan jalan dilakukan survei pada tahun 2016, sehingga data kendaraan muatan berlebih yang didapat tahun 2014 harus dihitung data pertumbuhan lalu lintasnya ke tahun 2016

Direktorat Jenderal Bina Marga dalam Manual Desain Perkerasan Jalan No: 02/M/BM/2013 menjelaskan bahwa faktor pertumbuhan lalu lintas bisa diasumsikan Jalan arteri dan perkotaan dengan pertumbuhan 5 % untuk tahun 2011-2020 dan 4 % untuk tahun 2021-2030, Hasil perhitungan pertumbuhan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 7 :

Data hasil penimbangan kendaraan berat yang melebihi muatan kemudian diklasifikasikan berdasarkan persentase kelebihan beban muatannya terhadap batasan muatan sumbu terberat (MST). Klasifikasi dilakukan tiap peningkatan 10 % beban muatan sumbu kendaraan, kemudian dihitung kelebihan beban muatan. Hasil Perhitungan Pembebanan terhadap persentase peningkatan ESAL dapat dilihat pada Tabel 8

Pengaruh pertambahan beban terhadap nilai ESAL atau terhadap faktor daya rusak kendaraan terhadap konstruksi jalan adalah berbentuk eksponensial positif, seperti pada Gambar 1 dengan menghasilkan Persamaan 9:

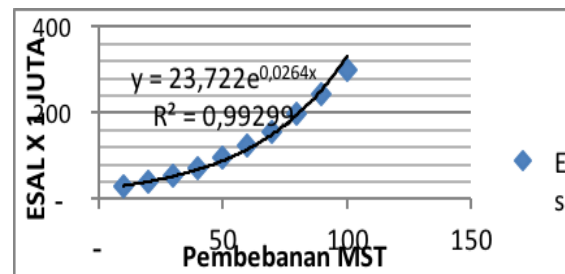
$$Y = 23,722e^{0,0264x} \dots\dots\dots(9)$$

$$R \text{ Square} = 0,993$$

Keterangan :

x = Persentase pembebanan muatan berlebih terhadap MST

Y = nilai Esal



Gambar 1 Hubungan antara Pembebanan Berlebih terhadap ESAL

Analisis Muatan Berlebih Terhadap Nilai Kerusakan Jalan

Salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis nilai kondisi jalan adalah metode Bina Marga yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Nomor :.018/T/BNKT/1990

Data kerusakan jalan diperoleh dari data primer, yaitu hasil inventarisasi langsung di lapangan, berupa lubang, dengan luasan minimal 40 cm x 40 cm, selama 10 Bulan dari Bulan Maret sampai dengan Bulan Desember 2016.

Pengambilan penilaian survei kondisi jalan hanya kepada item lubang (*potholes*). Hasil Data Perhitungan Survei Kerusakan Jalan dapat dihitung sebagai berikut :

- Perhitungan nilai kerusakan jalan sebagai berikut :

Lokasi Km.Jkt 121+000 sampai dengan Km.Jkt 122+000, Lajur Lambat

- Luas kerusakan jalan = 117,16 M²

- Luas Jalan yang diamati = 3,5 m x 1000 m = 3.500 M²

- Nilai prosentase kerusakan = $\frac{117,16 M^2}{3,500 M^2} \times 100 = 3,35 \%$, sesuai dengan Tabel 1, maka didapat nilai $N_p = 2$, dengan kategori kerusakan jalan sedikit sekali
- Nilai N_j atau bobot nilai kerusakan jalan, sesuai dengan tabel 2.2 maka

didapat nilai $N_j = 6$
- Nilai N_r atau Nilai Jumlah kerusakan jalan diperoleh dari perkalian nilai N_p dikali nilai N_j , Hasilnya $N_r = 2 \times 6 = 12$, Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 9

Tabel 6 Jumlah Kendaraan Muatan Berlebih Tahun 2014

Bulan	Jumlah kendaraan Overload Per Golongan					Total Overload
	I	II	III	IV	V	
Januari	-	50.582	19.424	7.571	13.604	91.181
Februari	-	60.705	30.554	11.950	20.925	124.134
Maret	-	51.291	25.043	10.114	10.056	96.504
April	-	68.266	29.210	13.135	7.697	118.308
Mei	-	139.208	53.889	24.280	21.056	238.433
Juni	-	173.372	73.600	34.251	26.316	307.539
Juli	-	213.567	100.906	35.726	31.880	382.079
Agustus	-	821.453	81.851	44.834	23.251	971.389
September	-	82.001	36.351	14.497	11.368	144.217
Oktober	-	117.395	46.669	18.794	18.331	201.189
November	-	147.312	61.692	23.880	21.995	254.879
Desember	-	67.013	27.044	10.869	12.532	117.458
Total	-	1.992.165	586.233	249.901	219.011	3.047.310

Penggolongan kendaraan berdasarkan Kepmen PU No 370/KPTS/M/2007 :

- I : Kendaraan Ringan (sedan, mobil penumpang, bus sedang)
- II : Bus besar, truk sedang (Truk dengan 2 gandar)
- III : Truk dengan 3 gandar
- IV : Truk dengan 4 gandar
- V : Truk gandengan, trailer 1, 2 & 3 sumbu (Truk dengan 5 gandar)

Tabel 7 Rekapitulasi Kendaraan Tahun 2016

Bulan	Total Overload (kend)	Total Kendaraan (kend)	Rasio Overload (%)
Januari	100.527	297.473	33,79
Februari	136.858	314.986	43,45
Maret	106.396	247.913	42,92
April	130.435	348.841	37,39
Mei	262.872	656.470	40,04
Juni	339.062	876.080	38,70
Juli	421.242	1.180.284	35,69
Agustus	1.070.956	3.942.538	27,16
September	158.999	369.788	43,00
Oktober	221.811	598.025	37,09
November	281.004	691.133	40,66
Desember	129.497	341.712	37,90
Jumlah	6.589.821	19.388.773	33,99

Tabel 8 Nilai ESAL Kumulatif Semua Golongan Kendaraan Kondisi Normal Terhadap Simulasi Pembebanan

No	Persentase kelebihan beban sumbu	ESAL Normal	ESAL Muatan Berlebih
1	10 %	14.521.581,99	27.523.025,52
2	20 %		38.980.770,25
3	30 %		53.690.672,21
4	40 %		72.216.689,32
5	50 %		95.167.896,11
6	60 %		123.198.483,74
7	70 %		157.007.760,01
8	80 %		197.340.149,37
9	90 %		244.985.192,86
10	100 %		300.777.548,19

b. Pemilihan Lokasi Prioritas Kerusakan dengan Metode UCL

Penentuan lokasi banyaknya kerusakan yang perlu diperhatikan dilakukan berdasarkan angka nilai kerusakan jalan yang memiliki nilai bobot melebihi nilai batas tertentu. Nilai batas ini dapat dihitung antara lain dengan menggunakan metode Batas Kontrol Atas (BKA) dan *Upper Control Limit* (UCL).

Adapun langkah-langkah dalam perhitungan lokasi kerusakan dengan metoda UCL dan BKA sebagai berikut :

Contoh Perhitungan lokasi di lajur lambat L2, Jalur Cirebon

- Menghitung BKA, dengan menggunakan Persamaan 3

$$BKA = C + 3\sqrt{C}$$

C =

$$\frac{12+24+12+12+24+12+24+12+36+18+30+30+24+24+0+24+0+24}{20}$$

$$C = 17,7$$

$$BKA = 17,7 + 3\sqrt{17,7} = 30$$

- Menghitung UCL, dengan menggunakan Persamaan 4

$$UCL = \bar{x} + \omega \sqrt{\left[\left(\frac{\lambda}{m} \right) + \left(\frac{0,829}{m} \right) + \left(\frac{1}{2} x m \right) \right]}$$

$$UCL = 17,7 + 2,576 \sqrt{\left[\left(\frac{17,7}{12} \right) + \left(\frac{0,829}{12} \right) + \left(\frac{1}{2} x 12 \right) \right]}$$

$$UCL = 25$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11

c. Hasil Identifikasi Pemilihan Lokasi Kerusakan Jalan

Berdasarkan hasil perhitungan batas kontrol dengan metode BKA dan UCL, teridentifikasi ruas jalan yang tergolong kerusakan jalan nya diatas rata-rata dapat dilihat pada Tabel 12

d. Hasil Identifikasi Pemilihan Lokasi Kerusakan Jalan

Dari hasil lokasi kerusakan yang paling parah pada Tabel 12 dihitung terhadap volume muatan truk berlebih, hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 13. Data volume muatan truk berlebih pada Tabel 9 dikonversi menjadi satuan SMP

Waktu merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam suatu konstruksi jalan, Data waktu menggunakan data lokasi tersebut terakhir di rekonstruksi. Data waktu tersebut dirubah dalam satuan jam, hal ini dapat dilihat pada Tabel 14

Dari analisa pehitungan nilai kerusakan jalan, dan kendaraan muatan berlebih terhadap waktu umur rencana jalan, dianalisis dengan regresi non linear. Hasil Rekapitulasi Perhitungan Arah Cirebon dapat dilihat pada Tabel 15 dan Gambar 2

SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0,88450694							
R Square	0,78245867							
Adjusted R Square	0,34373001							
Standard Error	10,7477647							
Observations	4							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	2	415,485541	207,7428	1,79841	0,46641326			
Residual	1	115,514459	115,5144					
Total	3	531						
Coefficients: Standard Error, t Stat, P-value, Lower 95%, Upper 95%, Lower 95.0%, Upper 95.0%								
Intercept	7,4823066	44,93807011	0,166503	0,89496	-563,5106859	578,4747	-503,51009	578,474702
Vol Muatan Berlebih (X1)	0,0000048	5,804E-05	-0,081409	0,94829	-0,000749885	0,0007403	-0,0007499	0,000740318
Statistik	0,0582395	0,003890918	-1,170833	0,45	-0,041769864	0,0582476	-0,0417698	0,058247623

Gambar 2 Persamaan Hubungan Antara Variabel X dan Y Arah Cirebon

Dari hasil analisis regresi diatas, didapat Persamaan 9

$$Y = 7,4823066 - 0,0000048X1 + 0,004239X2 \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

Y = Nilai Kerusakan Jalan
 X1 = Volume Muatan Berlebih
 X2 = Waktu Usia Rencana Jalan
 Hasil Analisa perhitungan nilai kerusakan jalan, dan kendaraan muatan berlebih terhadap waktu umur rencana jalan, arah Jakarta dapat dilihat pada Tabel 16 dan Gambar 3.

SUMMARY OUTPUT				
Regression Statistics				
Multiple R	0,7281591			
R Square	0,5302199			
Adjusted R Square	0,4993531			
Standard Error	41,004368			
Observations	4			
ANOVA				
	df	SS	MS	F
Regression	2	1897,941767	948,9708835	0,564332
Residual	1	1681,3582333	1681,36	0,08540817
Total	3	3579,3		
Coefficients				
		Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	-172,83926	117,0379774	1,47763	0,37876
Vol Muatan Berleb (Waktu2)	0,000050	0,000973569	0,09704	0,93841
	0,008330	0,008703713	0,95366	0,3151

Gambar 3 Persamaan Hubungan Antara Variabel X dan Y Arah Jakarta

Dari hasil analisis regresi diatas, didapat Persamaan 10

$$Y = 172,9392 + 0,00009X1 - 0,00830X2 \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

- Y = Nilai Kerusakan Jalan
- X1 = Volume Muatan Berlebih
- X2 = Waktu Usia Rencana Jalan

Analisis Muatan Berlebih Terhadap Biaya Pemeliharaan Jalan

Terbatasnya anggaran pemerintah dalam menangani infrastruktur untuk melakukan pemeliharaan jalan di pantura, di tahun 2016 biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan jalan ruas Cikampek-Pamanukan sebesar Rp. 75.000.000 per Kilometer panjang, maka dalam hal ini penulis ingin meneliti seberapa besar biaya yang harus dikeluarkan akibat dari kendaraan overloading yang lewat dengan menggunakan data yang dimiliki oleh penulis.

Data kendaraan muatan truk berlebih tahun 2016 sesuai dengan Tabel 9, dan nilai Esal pada Tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 4.

Cara perhitungan dengan Pembebanan overloading 10 %, Biaya yang timbul akibat muatan truk berlebih dihitung dengan menggunakan Persamaan 11 :

$$\text{Biaya Muatan Lebih} = \alpha \times \text{Biaya Per Km Jalan} \dots\dots\dots(11)$$

- Contoh Perhitungan Golongan II

$$\begin{aligned} \text{Esal Standar} &= \text{Volume Kendaraan} \times \text{Vdf Standar} \\ &= 2.197.684,91 \text{ Kend/hari} \times 3,78 \\ &= 8.306.457,58 \\ \text{Esal overload} &= \text{Vol Kendaraan} \times \text{Vdf Overload} \\ &= 2.197.684,91 \text{ Kend/hari} \times 5,53 \\ &= 12.161.484,55 \end{aligned}$$

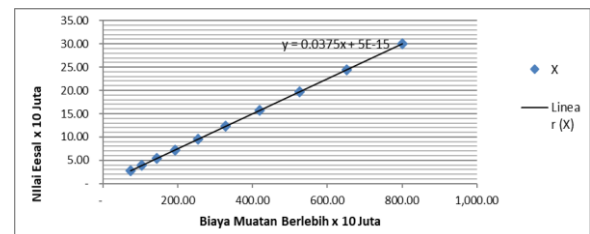
$$\alpha = \frac{\text{Cesal Overload}}{\text{Cesal Normal}}$$

$$\alpha = \frac{12.161.484,55}{8.306.457,58} = 1,46$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Muatan Lebih} &= 1,46 \times \text{Rp.75.000.000} \\ &= \text{Rp. 109.807.500} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat Hasil Perhitungan Nilai Esal dan Biaya Kelebihan Muatan dapat dilihat pada Tabel 17

Grafik hubungan nilai Esal overloading dengan Biaya Pemeliharaan Jalan akibat Kelebihan muatan dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4 Hubungan Antara Nilai Esal Overloading dan Biaya Pemeliharaan Jalan

Grafik 4 menghasilkan persamaan 12 biaya muatan berlebih yaitu

$$Y = 0,0375x + 5E-15 \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan :

- Y = Biaya Muatan Berlebih
- x = Nilai Esal

Tabel 9 Hasil Perhitungan Nilai Kerusakan Jalan

No	Lokasi Kerusakan	Jalur	Lajur	Nr												
				Bulan												
				3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jml	Prost rusak	
1	117+000 - 118+000	Crb	L1	18										18	Sedang	
			L2	12										12	Sedikit	
			Jkt	R1	12										12	Sedikit
				R2	18										18	Sedang
2	118+000 - 119+000	Crb	L1	12								12	24	Banyak		
			L2	12							12	24	Banyak			

No	Lokasi Kerusakan	Jalur	Lajur	Nr												Prost rusak	
				Bulan													
				3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jml			
3	119+000 - 120+000	Jkt	R1	12										12	<i>Sedikit</i>		
			R2	12										12	<i>Sedikit</i>		
		Crb	L1	18						12	12				42	<i>Banyak</i>	
			L2							12					12	<i>Sedikit</i>	
		Jkt	R1							12					12	<i>Sedikit</i>	
			R2	12						12					24	<i>Banyak</i>	
4	120+000 - 121+000	Crb	L1	12								12		24	<i>Banyak</i>		
			L2								12			12	<i>Sedikit</i>		
		Jkt	R1														
			R2														
		Crb	L1	12									12		24	<i>Banyak</i>	
			L2	12									12		24	<i>Banyak</i>	
5	121+000 - 122+000	Crb	L1	12	18								12	30	<i>Banyak</i>		
			L2	12									12	12	<i>Sedikit</i>		
		Jkt	R1														
			R2														
		Crb	L1	18									12		30	<i>Banyak</i>	
			L2	12									12		24	<i>Banyak</i>	
6	122+000 - 123+000	Crb	L1	12										18	<i>Banyak</i>		
			L2	12										12	<i>Sedikit</i>		
		Jkt	R1														
			R2														
		Crb	L1	18									12		30	<i>Banyak</i>	
			L2	12									12		24	<i>Banyak</i>	
7	123+000 - 124+000	Crb	L1	12										18	<i>Banyak</i>		
			L2	12										12	<i>Sedikit</i>		
		Jkt	R1														
			R2														
		Crb	L1	18									12		30	<i>Banyak</i>	
			L2	12									12		24	<i>Banyak</i>	
8	124+000 - 125+000	Crb	L1	12									18	12	42	<i>Banyak</i>	
			L2	12										12	12	<i>Sedikit</i>	
		Jkt	R1														
			R2														
		Crb	L1	12										12		12	<i>Sedikit</i>
			L2	12										12		12	<i>Sedikit</i>
9	125+000 - 126+000	Crb	L1	18	12									12	42	<i>Banyak</i>	
			L2	12	12									12	36	<i>Banyak</i>	
		Jkt	R1														
			R2														
		Crb	L1	18	12										12	42	<i>Banyak</i>
			L2	12	12										12	36	<i>Banyak</i>
10	126+000 - 127+000	Crb	L1	18										18	18	<i>Sedang</i>	
			L2	18										18	18	<i>Sedang</i>	
		Jkt	R1														
			R2														
		Crb	L1	12										18		18	<i>Sedang</i>
			L2	18										12		30	<i>Banyak</i>
11	127+000 - 128+000	Crb	L1	12										12	12	<i>Sedikit</i>	
			L2	18										18	18	<i>Sedang</i>	
		Jkt	R1														
			R2														
		Crb	L1	12										18		18	<i>Sedang</i>
			L2	18										12		30	<i>Banyak</i>
12	128+000 - 129+000	Crb	L1	12										18	18	<i>Sedang</i>	
			L2	18										12	30	<i>Banyak</i>	
		Jkt	R1														
			R2														
		Crb	L1	12										18		18	<i>Sedang</i>
			L2	18										12		30	<i>Banyak</i>
13	129+000 - 130+000	Crb	L1	12										12	12	<i>Sedikit</i>	
			L2	18										18	18	<i>Sedang</i>	
		Jkt	R1	12											12	12	<i>Sedikit</i>
			R2	18											18	18	<i>Sedang</i>
		Crb	L1	18										12		30	<i>Banyak</i>
			L2	12										12		24	<i>Banyak</i>
14	130+000 - 131+000	Crb	L1	12										12	12	<i>Sedikit</i>	
			L2	18										18	18	<i>Sedang</i>	
		Jkt	R1	12											12	12	<i>Sedikit</i>
			R2	18											18	18	<i>Sedang</i>

No	Lokasi Kerusakan	Jalur	Lajur	Nr										Prost rusak	
				Bulan											
				3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Jml
15	131+000 - 132+000	Crb	L1	12								18	30	Banyak	
			L2	12								12	24	Banyak	
		Jkt	R1	12									12	24	Banyak
			R2	12									12	24	Banyak
16	132+000 - 133+000	Crb	L1	18									18	Sedang	
			L2												
		Jkt	R1	12										12	Sedikit
			R2												
17	133+000 - 134+000	Crb	L1	12								18	30	Banyak	
			L2	12								12	24	Banyak	
		Jkt	R1	18									12	30	Banyak
			R2	12										12	Sedikit
18	134+000 - 135+000	Crb	L1												
			L2												
		Jkt	R1	18									12	30	Banyak
			R2	12										12	Sedikit
19	135+000 - 136+000	Crb	L1	12								12	24	Banyak	
			L2	12									12	Sedikit	
		Jkt	R1	18										18	Sedang
			R2	12										12	Sedikit
20	136+000 - 137+000	Crb	L1	18									18	Sedang	
			L2	12									12	Sedikit	
		Jkt	R1	12										12	Sedikit
			R2												

Tabel 10 Perhitungan Pemilihan Lokasi Kerusakan Lajur Cirebon

No	Km	Nr			Nr		
		L2	BKA	UCL	L1	BKA	UCL
1	117-118	12	30	25	18	39	33
2	118-119	24	30	27	24	39	34
3	119-120	12	30	25	42	39	37
4	120-121	12	30	25	24	39	34
5	121-122	24	30	27	24	39	34
6	122-123	12	30	25	30	39	35
7	123-124	24	30	27	30	39	35
8	124-125	12	30	25	42	39	37
9	125-126	12	30	25	12	39	32
10	126-127	36	30	29	42	39	37
11	127-128	18	30	26	18	39	33
12	128-129	30	30	28	18	39	33
13	129-130	30	30	28	18	39	33
14	130-131	24	30	27	30	39	35
15	131-132	24	30	27	30	39	35
16	132-133	-	-	-	18	39	33
17	133-134	24	30	27	30	39	35
18	134-135	-	-	-	-	-	-

19	135-136	12	30	25	24	39	34
20	136-137	12	30	25	18	39	33

Tabel 11 Perhitungan Pemilihan Lokasi Kerusakan Jalur Jakarta

No	Km	Nr			Nr		
		R1	BKA	UCL	R2	BKA	UCL
1	117-118	12	18	16	18	16	15
2	118-119	12	18	16	12	16	14
3	119-120	12	18	16	24	16	17
4	120-121	-	-	-	-	-	-
5	121-122	-	-	-	-	-	-
6	122-123	-	-	-	-	-	-
7	123-124	-	-	-	-	-	-
8	124-125	-	-	-	-	-	-
9	125-126	-	-	-	-	-	-
10	126-127	-	-	-	-	-	-
11	127-128	-	-	-	-	-	-
12	128-129	-	-	-	-	-	-
13	129-130	12	18	16	18	16	15
14	130-131	12	18	16	18	16	15
15	131-132	24	18	18	24	16	17
16	132-133	12	18	16	-	-	-
17	133-134	30	18	19	12	16	14
18	134-135	30	18	19	12	16	14
19	135-136	18	18	17	12	16	14
20	136-137	12	18	16	-	-	-

Tabel 12 Lokasi Hasil Identifikasi Kerusakan Jalan

No	Lajur	Lokasi
1	L2	Km 126-127, 128-129, 129-130
2	L1	Km 119-120, 124-125, 126-127
3	R1	Km 131-132, 133-134, 134-135
4	R2	Km 117-118, 119-120, 129-130, 131-132

Tabel 13 Perhitungan Nilai Kerusakan Jalan Terhadap Volume Kendaraan Muatan Berlebih

Bulan	Nilai Kerusakan Jalan	Volume Muatan Berlebih				Jumlah
		Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
		SMP/Jam	SMP/Jam	SMP/Jam	SMP/Jam	
Maret	66	44.334	21.646	12.489	8.692	87.161
April	54	43.653	26.150	16.798	6.891	93.491
Oktober	78	106.908	106.908	152.725	106.908	473.448
November	84	140.973	59.037	32.646	21.049	253.705

Tabel 14 Perhitungan Waktu Usia Rencana Jalan Dalam Satuan Jam

No	Bulan	Waktu terakhir diperbaiki	Waktu Survei	Umur Jalan (Bulan)	Jam
----	-------	---------------------------	--------------	--------------------	-----

1	Maret	Oktober 2014	Maret 2016	17	12.240
2	April	Oktober 2014	April 2016	18	12.960
3	Oktober	Oktober 2014	Oktober 2016	24	17.280
4	November	Oktober 2014	November 2016	25	18.000

Tabel 15 Rekapitulasi Perhitungan Variabel X dan Y Arah Cirebon

Bulan	Nilai Kerusakan Jalan (Y)	Vol Muatan Berlebih (X1)	Waktu (X2)
Maret	66	87.161	12.240
April	54	93.491	12.960
Oktober	78	473.448	17.280
November	84	253.705	18.000

Tabel 16 Rekapitulasi Perhitungan Variabel X dan Y Arah Jakarta

Bulan	Nilai Kerusakan Jalan (Y)	Vol Muatan Berlebih (X1)	Waktu (X2)
Maret	104	68.484	12.240
April	42	80.345	12.960
Oktober	48	132.417	17.280
Desember	24	81.049	18.720

Tabel 17 Perhitungan Simulasi Pembebanan Nilai Esal dan Biaya Kelebihan Muatan

No	Persentase kelebihan beban sumbu	Esal Muatan Berlebih	Biaya Kelebihan Muatan
1	10 %	27.523.025,52	733.180.483,72
2	20 %	38.980.770,25	1.038.401.100,37
3	30 %	53.690.672,21	1.430.255.296,47
4	40 %	72.216.689,32	1.923.766.236,09
5	50 %	95.167.896,11	2.535.158.936,44
6	60 %	123.198.483,74	3.281.860.267,82
7	70 %	157.007.760,01	4.182.498.953,68
8	80 %	197.340.149,37	5.256.905.570,60
9	90 %	244.985.192,86	6.526.112.548,26
10	100 %	300.777.548,19	8.012.354.169,48

Kesimpulan

Hasil analisis dan perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Hasil Survei nilai kondisi kerusakan jalan yang paling rusak berat ruas Cikampek-Pamanukan sepanjang 20 Km berada pada lokasi
 - Arah Cirebon, berada pada lokasi Km 119-120, Km 124-125, Km 126-127, Km 128-129, Km 129-130
 - Arah Jakarta Km 134-135, Km 133-134, Km 131-132, Km 130-131, Km 129-130, Km 119-120, Km 117-118

- Pengaruh Antara Simulasi Persentase Pembebanan Kelebihan Muatan Kendaraan Dan Persentase Peningkatan Faktor Daya Rusak Kendaraan berbentuk kurva eksponensial, yang menghasilkan Persamaan sebagai berikut :

$$Y = 23,722e^{0,0264x}$$

$$R^2 = 0,9543$$

Keterangan

x = Persentase pembebanan muatan berlebih terhadap MST

Y = nilai Cesal

- Pengaruh volume muatan berlebih terhadap kerusakan jalan menghasilkan Persamaan pemodelan kerusakan jalan yaitu :

$$\begin{aligned} & \text{- Arah Cirebon} \\ Y & = 7,4823066 - 0,0000048X1 + \\ & 0,004239X2 \\ R \text{ Square} & = 0,782 \\ & \text{- Arah Jakarta} \\ Y & = 172,9392 + 0,00009X1 - \\ & 0,00830X2 \\ R \text{ Square} & = 0,5302 \end{aligned}$$

- d. Pengaruh muatan berlebih terhadap biaya pemeliharaan jalan, menghasilkan biaya yang timbul akibat muatan berlebih menghasilkan Persamaan :
- $$Y = 0,0375x + 5E-15$$

Saran

Hasil survei kerusakan jalan dalam penelitian ini hanya fokus kepada jenis kerusakan lubang, untuk penelitian selanjutnya perlu ditambahkan jenis kerusakan lainnya

Perhitungan nilai kerusakan jalan dalam penelitian ini menggunakan Metode Bina Marga No. 018/T/BNKT/1990, tentang tata cara penyusunan pemeliharaan jalan kota, dan perlu dihitung ulang dengan menggunakan metoda SDI.

Daftar Pustaka

Anugrah Damhir., (2012).,"Analisis Biaya Rehabilitasi dan Pemeliharaan Jalan Akibat Muatan Lebih (Ruas Jalan Puding Besar-Kota Waringin Kabupaten

Bangka)., Universitas Sebelas Maret Surakarta

Bolla. M., dkk (2013)., "Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas (Studi Kasus Ruas Jalan Timor Raya Kota Kupang)., Jurnal Teknik Sipil, Vol. II, No. 2, September 2013

Direktorat Jenderal Bina Marga. 1990, "Panduan Survai Dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas", Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

Dhana Rahma. R,dkk, 2015, "Pengaruh Jumlah Lalu Lintas Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Di Jalan Aspal Kelas III A Di Kabupaten Lamongan" Lamongan

D.Oetojo P, dkk (2007), "Pemodelan Tarif Jalan Tol Berdasarkan Kontribusi Overloading Pada Jalan Tol Tangerang-Merak".,Konferensi Regional Teknik Jalan Ke-10.,2007

Lutfah. U. I.,dkk (2015)., "Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan Berat Angkutan Barang Terhadap Umur Rencana Dan Biaya Kerugian Penanganan Jalan".,Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

Susilo, HB. 2015. "Rekayasa Lalu Lintas", Universitas Trisakti, Jakarta.

SKBI, (Standar Konstruksi Bangunan Indonesia), Petunjuk Pelaksanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen), Departemen Pekerjaan Umum, Republik Indonesia, SKBI.2.4.28.1988