

PENGARUH BEBAN GANDAR KUMULATIF TERHADAP PENURUNAN KINERJA JALAN (STUDI KASUS: RUAS JALAN MANADO-BITUNG & RUAS JALAN BETHESDA)

Enjelina Kurnia Meylani Emor

Lucia G. J. Lalamentik, Joice E. Waani

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: enjeliemor@gmail.com

ABSTRAK

Pergerakan barang di Indonesia yang menggunakan moda angkutan darat (jalan) berpengaruh terhadap beban lalu lintas di jalan raya sehingga mempercepat tingkat kerusakan jalan. Ruas Jalan Manado-Bitung banyak dilewati berbagai jenis kendaraan, bukan hanya kendaraan berdimensi kecil tetapi juga kendaraan berdimensi besar. Ruas Jalan Bethesda memiliki volume kendaraan yang cukup besar namun sebagian besar kendaraan yang melewati ruas jalan ini adalah kendaraan berdimensi kecil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar beban lalu lintas, besar penurunan kinerja jalan, serta membandingkan tingkat kerusakan kedua ruas jalan tersebut dengan menghubungkan besarnya beban lalu lintas masing-masing jalan.

Dalam penelitian ini data yang diambil dari lokasi penelitian adalah volume lalu lintas, data lendutan Benkelman Beam, serta data International Roughness Index (IRI) jalan. Analisis data dimulai dengan menghitung Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA) berdasarkan Bina Marga 2013, kemudian menghitung lendutan balik dari hasil pengujian dengan alat Benkelman Beam (BB) menggunakan metode Pd T-05-2005-B, serta menentukan Indeks Permukaan berdasarkan nilai IRI dengan menggunakan grafik hubungan Indeks Permukaan (IP) dan IRI yang bersumber dari National Cooperative Highway Research Program (NCHRP).

Penurunan kinerja untuk ruas jalan Manado-Bitung dan ruas jalan Bethesda hampir sama dilihat dari besarnya lendutan dan Indeks Permukaan kedua ruas jalan tersebut, walaupun ruas jalan Manado-Bitung memiliki lalu lintas yang lebih besar dengan persentase 19,2% kendaraan berat yang melintas dan sudah 2 tahun di overlay dibandingkan dengan Ruas Jalan Bethesda yang lalu lintasnya lebih kecil dengan persentase 3,7 % kendaraan berat yang melintas dan baru tahun pertama di overlay. Hal ini membuktikan bahwa kerusakan jalan tidak hanya dipengaruhi besar beban lalu lintas, melainkan juga kualitas struktur perkerasan jalan.

Kata Kunci: *Beban Lalu Lintas, Lendutan, IRI, Indeks Permukaan*

PENDAHULUAN

Latar belakang

Berdasarkan survei Asal Tujuan Transportasi Nasional (ATTN 2001 dan 2006), hampir 90% pergerakan barang di Indonesia dilakukan dengan moda darat (jalan), 7% dengan moda laut, dan sisanya dengan moda lain. Pilihan pergerakan barang melalui jalan dianggap lebih efisien daripada menggunakan moda laut dan kereta api, karena kurangnya ketersediaan sarana dan prasarana serta lemahnya sistem regulasi. Pilihan ini berpengaruh terhadap beban lalu lintas di jalan raya sehingga mempercepat tingkat kerusakan jalan.

Lapisan permukaan merupakan suatu lapisan yang terikat, sehingga bahan lapisan tersebut dapat menahan gaya tekan tarik. Umumnya karena lapisan perkerasan ini dapat

mendukung tegangan tekan yang lebih besar dari pada tegangan tarik, maka tegangan tarik di bagian bawah lapisan biasanya lebih menentukan dalam umur ketahanan terhadap beban berulang.

Beban kendaraan dilimpahkan ke roda-roda kendaraan kemudian diterima oleh konstruksi perkerasan jalan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut tergantung dari berat total kendaraan, konfigurasi sumbu, perkerasan jalan, kecepatan kendaraan dan lain-lain (Sukirman, 1999). Pada saat menerima beban roda, lapisan perkerasan melentur sehingga pada lapisan bekerja tegangan-tegangan tekan maupun tarik. Karena beban roda tersebut terjadi berulang-ulang, maka tegangan-tegangan tersebut juga berulang.

Jika beban yang diterima oleh permukaan jalan mencapai batas regangan maksimum atau dapat dianggap sebagai batas pelayanan dari

perkerasan akibat beban berulang, maka jalan akan lebih cepat mengalami kerusakan sehingga mengakibatkan waktu tempuh lama, kemacetan, kecelakaan lalu lintas dan lain-lain. Pada dasarnya jalan akan mengalami penurunan kinerja sesuai dengan bertambahnya umur, karena dengan bertambahnya umur jalan, maka semakin besar beban kendaraan yang diterima perkerasan jalan sehingga jalan lebih cepat mencapai regangan maksimum.

Ruas jalan Manado-Bitung menghubungkan Kota Manado sebagai pusat perdagangan dengan Kota Bitung yang memiliki pelabuhan terbesar di Sulawesi Utara sehingga menyebabkan ruas jalan ini dilewati berbagai jenis kendaraan, bukan hanya kendaraan berdimensi kecil tetapi juga kendaraan berdimensi besar. Sedangkan Ruas jalan Bethesda memiliki volume kendaraan yang cukup besar dikarenakan sepanjang jalan ini terdapat fasilitas-fasilitas umum seperti rumah sakit, sekolah, perkantoran, tempat-tempat makan, dan sebagainya. Namun demikian sebagian besar kendaraan yang melewati ruas jalan ini adalah kendaraan yang berdimensi kecil.

Citra Andansari (2007) menyatakan bahwa jenis kendaraan yang memberikan pengulangan sumbu lebih banyak dan memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap perkerasan jalan di Ruas Jalan Tasikmalaya-Cipatujah adalah kendaraan jenis T 1.22 yang mempunyai angka ekuivalen sebesar 11,893 dengan beban maksimal sebesar 36,08 ton. Sedangkan Gunarta dkk (2008) di Provinsi Riau, Sumatera Barat menunjukkan bahwa pada truk sumbu ganda terjadi pembebanan berlebih sebesar 97,3% dan untuk truk dengan sumbu tunggal sebesar 83,8%.

Berdasarkan penelitian di atas maka dilakukan penelitian tentang Pengaruh Beban Gandar Kumulatif terhadap Penurunan Kinerja Jalan, penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian Citra Andansari dan Gunarta dkk yaitu memperhitungkan pengaruh beban kendaraan yang melewati perkerasan jalan dengan berbagai jenis kendaraan yang memiliki angka ekuivalen atau *damage factor* yang berbeda.

Keunggulan dari penelitian yang dilakukan adalah dengan membandingkan pengaruh beban lalu lintas yang melewati Ruas Jalan Manado-Bitung yang banyak dilewati kendaraan berdimensi besar yang tentunya memiliki angka ekuivalen yang besar dan Ruas Jalan Bethesda yang memiliki volume lalu lintas besar serta dilewati oleh kendaraan berdimensi kecil.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dikemukakan permasalahan yang ada yaitu; “Berapa besar pengaruh beban kumulatif dan jenis kendaraan terhadap kinerja perkerasan?”

Batasan Masalah

Adapun pembatasan masalah ini meliputi:

1. Lokasi penelitian adalah ruas jalan Manado-Bitung dan ruas jalan Bethesda.
2. Jenis konstruksi perkerasan adalah konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Dimana lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai adalah:

1. Untuk mengetahui besarnya beban lalu lintas pada ruas jalan Manado-Bitung dan ruas jalan Bethesda.
2. Untuk mengetahui besarnya penurunan kinerja jalan.
3. Membandingkan tingkat kerusakan dari kedua ruas jalan tersebut dengan menghubungkan besarnya beban lalu lintas masing-masing jalan.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh besarnya beban lalu lintas terhadap tingkat kerusakan.

LANDASAN TEORI

Indeks Permukaan

Indeks Permukaan digunakan sebagai ukuran dasar dalam menentukan nilai perkerasan jalan ditinjau dari kepentingan lalu lintas serta untuk menyatakan nilai dari kerataan/kehalusan dan kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Tabel 1. Indeks Permukaan

IP	Kinerja Perkerasan
4-5	Sangat Baik
3-4	Baik
2-3	Cukup
1-2	Kurang
0-1	Sangat Kurang

Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IPo)

Indek Permukaan awal dipengaruhi oleh jenis lapis permukaan dan nilai Roughness. Nilai *Roughness* dapat diketahui dari alat pengukur *Roughometer* NAASRA yang dipasang pada kendaraan *standart Datsun 1500 Station Wagon* dengan kecepatan ±32 km/jam.

Tabel 2. Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Permukaan	IPo	Roughness (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3,9 - 3,5	> 1000
Lasbutag	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
HRA	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
Burda	3,9 - 3,5	< 2000
Burtu	3,4 - 3,0	< 2001
Lapen	3,4 - 3,0	≤ 3000
	2,9 - 2,5	> 3000
Latasbum	2,9 - 2,5	-
Buras	2,9 - 2,5	-
Latasir	2,9 - 2,5	-
Jalan Tanah	≤ 2,4	-
Jalan Kerikil	≤ 2,4	-

Indeks Permukaan pada akhir umur rencana (IPt)

Indeks Permukaan Akhir (IPt) dipengaruhi oleh klasifikasi jalan dan jumlah lalu lintas ekivalen rencana (LER), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IPt)

LER	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0	1,5	1,5	-
10-100	1,5	1,5-2,0	2,0	-
100-1000	1,5-2,0	2,0	2,0-2,5	-
>1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas adalah banyaknya tonase kendaraan yang lewat pada lajur rencana selama umur rencana yang dihitung dari harga rata-rata lintas ekivalen permulaan.

Dari data lalu lintas harian rata-rata, selanjutnya menghitung :

- Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR \times C_j \times E_j \quad (1)$$

dimana :

- J = jenis kendaraan
- C = koefisien distribusi kendaraan
- E = angka ekivalen
- LHR = lintas harian rata-rata
- Cj = koefisien distribusi kendaraan
- Ej = angka ekivalen tiap jenis kendaraan

- Perhitungan CESA berdasarkan Bina Marga 2013

$$ESA = (\sum_{\text{jenis kend}} LHRT \times VDF \times FD) \quad (2)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \quad (3)$$

dimana :

- ESA = Lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) untuk 1 (satu) hari
- LHRT = Lintas harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu
- CESA = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana
- R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas
- VDF = Faktor ekivalen beban
- FD = Faktor Distribusi

Lendutan

Lendutan adalah besarnya gerak turun vertikal suatu permukaan perkerasan akibat beban. Salah satu metode pengukuran lendutan pada struktur perkerasan adalah percobaan pembebanan permukaan. Salah satu cara untuk mendapatkan lendutan adalah dengan menggunakan alat *Benkelman Beam* (BB).

Lendutan yang digunakan untuk perencanaan adalah lendutan balik. Nilai lendutan tersebut harus dikoreksi dengan, faktor muka air tanah (faktor musim) dan koreksi temperatur serta faktor koreksi beban uji (bila beban uji tidak tepat sebesar 8,16 ton). Perhitungan lendutan balik sesuai dengan Pd T-05-2005-B adalah sebagai berikut :

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times Ft \times Ca \times FKB_{B-BB} \quad (4)$$

dimana :

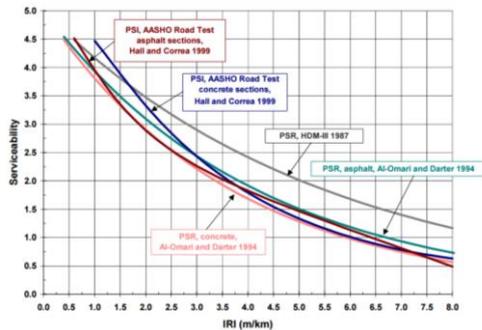
- d_B = lendutan balik (mm)
- d_1 = lendutan pada saat beban tepat pada titik pengukuran
- d_3 = lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran (mm)
- Ft = faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar
- Ca = Faktor pengaruh muka air tanah
- FKB-BB = Faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam*

International Roughness Index (IRI)

IRI adalah parameter kekerasan perkerasan jalan yang dihitung berdasarkan naik-turunnya permukaan jalan pada arah profil memanjang jalan dibagi dengan panjang permukaan jalan yang diukur (Paterson, 1987).

Hubungan Indeks Permukaan dan IRI

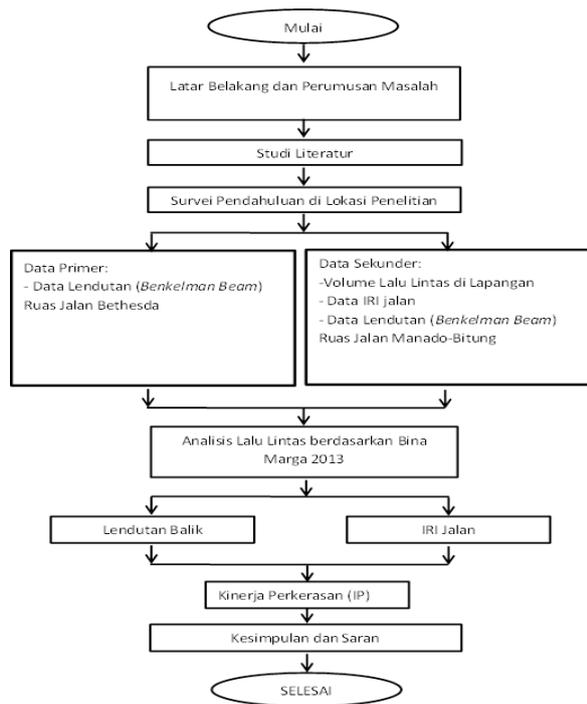
Hubungan Indeks Permukaan (IP) dan *International Roughness Indeks* (IRI) ditampilkan dalam grafik 1 di bawah. Model ini dikembangkan oleh Dujisin dan Arrya (NCHRP,2001).



Grafik 1. Hubungan Indeks Permukaan (IP) dan IRI

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Pengolahan data diawali dengan mengubah data LHR yang didapatkan dari Core Team yang awalnya data LHR ruas jalan Manado-Bitung tahun 2017 diubah ke tahun 2015 dengan mengitung mundur menggunakan pertumbuhan lalu lintas rata-rata di Indonesia berdasarkan MDP 2013 yaitu 4,75%, sedangkan untuk LHR ruas jalan Bethesda yang awalnya tahun 2015 dihitung maju ke tahun 2016. Hal ini dilakukan agar data LHR kedua ruas jalan tersebut sesuai dengan tahun di *overlay* ruas jalan Manado-Bitung yaitu tahun 2015 dan ruas jalan Bethesda tahun 2016. Setelah itu dilakukan perhitungan Lintas Ekvivalen Permulaan untuk kedua ruas jalan.

Lintas ekvivalen permulaan didapatkan dengan mengalikan lalu lintas harian rata-rata dari setiap jenis kendaraan dengan koefisien distribusi kendaraan dan angka ekvivalen. Setelah itu hasil yang didapatkan dari masing-masing jenis kendaraan dijumlahkan. Hasil penjumlahan tersebut adalah *equivalent standard axle* (ESA) untuk satu hari, dari hasil tersebut kita dapat menghitung *Cummulative Equivalent Standar Axle* (CESA) dalam satu tahun dengan mengalikan ESA/hari dengan 365 (jumlah hari dalam 1 tahun). Untuk menghitung tahun berikutnya, maka ESA/hari dari tahun sebelum atau awal jalan dibuka dikalikan dengan pertumbuhan lalu lintas yang dipangkatkan tahun ke berapa jalan di buka.

Selanjutnya setelah kita mengetahui besar beban lalu lintas dari tahun ke tahun kita dapat melihat dampak yang ditimbulkan dari beban lalu lintas pada tahun 2017 (tahun yang ditinjau) yaitu dari lendutan maupun dari IRI kedua ruas jalan sehingga kita dapat melihat penurunan kinerja jalan melalui nilai Indeks Permukaan.

Untuk untuk mendapatkan nilai lendutan balik dan nilai CF diperoleh dari survei dengan menggunakan alat *Benkelman Beam*. Pada survei yang dilakukan didapatkan nilai d_{200} (untuk perhitungan CF) dan d_{maks} (untuk lendutan balik). Sebelum menghitung lendutan balik dan nilai CF diperlukan koreksi terhadap faktor musim dan faktor koreksi temperatur serta faktor koreksi beban uji. Untuk faktor musim (Ca) diambil 0,9 karena pemeriksaan dilakukan pada musim hujan, sedangkan untuk faktor koreksi temperatur (Ft) dapat dihitung dengan mengalikan 14,785 dan temperatur lapis beraspal yang dipangkatkan dengan -0,7573. Sebelum itu dilakukan perhitungan temperatur lapis perkerasn yaitu dengan mengalikan 1/3 dan penjumlahan

dari temperatur permukaan lapis beraspal (T_p), temperatur tengah lapis beraspal (T_t), dan temperatur bawah lapis beraspal (T_b).

Ketika lendutan telah terkoreksi maka lendutan balik dan nilai CF dapat dihitung. Untuk lendutan balik dapat dihitung dengan mengalikan faktor koreksi temperatur, faktor musim, faktor koreksi beban uji, dan pengurangan antara d_3 (lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran) dengan d_1 (lendutan pada saat beban tepat pada titik pengukuran) dikalikan angka 2. Sedangkan untuk perhitungan nilai CF hampir sama dengan perhitungan lendutan balik, namun untuk nilai CF pengurangan yang dilakukan antara d_3 dengan d_2 (lendutan pada saat beban berada pada jarak 20 cm dari titik pengukuran).

Selain itu data IRI yang didapatkan dari *Core Team* digunakan untuk menentukan nilai Indeks Permukaan dengan menggunakan grafik hubungan Indeks Permukaan (IP) dan IRI yang bersumber dari *National Cooperative Highway Research Program* (NCHRP) tahun 2001.

HASIL ANALISIS DATA

Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diambil selama 24 jam dengan periode waktu setiap 1 jam selama 7 hari, dengan jenis kendaraan Sedan, Jeep, St. Wagon (Gol 2), Oplet dan Minibus (Gol 3), Pick Up dan Mobil Hantaran (Gol 4), Bus Kecil (Gol 5a), Bus Besar (Gol 5b), Truk 2 Sumbu Ringan (Gol 6a), Truk 2 Sumbu Sedang (Gol 6b), Truk 3 Sumbu (Gol 7a), Truk 5 Sumbu Gandengan (Gol 7b), Truk 5 Sumbu Semi Trailer (Gol 7c).

Data survei lalu lintas ruas jalan Manado-Bitung yang didapatkan dari *Core Team* Balai Pelaksana Jalan Nasional XI SULUT adalah data tahun 2017 sedangkan jalan tersebut terakhir di *overlay* tahun 2015 sehingga perlu dilakukan perhitungan mundur dengan menggunakan angka pertumbuhan lalu lintas (i). Data volume lalu lintas selama survei ditampilkan pada tabel 4.

Dari data LHR tahun 2017 pada tabel 4 maka dihitung mundur ke tahun 2016 dengan cara mengalikan LHR masing-masing kendaraan dengan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata di Indonesia yaitu 4,75% menurut MDP 2013 kemudian LHR dikurang dengan hasil perkalian maka didapatkan prediksi LHR tahun 2016. Untuk menghitung LHR tahun 2015 seperti perhitungan sebelumnya, data LHR ruas jalan

Manado-Bitung tahun 2016 dihitung mundur ke tahun 2015 sehingga menghasilkan tabel 5.

Tabel 4. Data Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Manado-Bitung tahun 2017

No	Gol	Jenis Kendaraan	LHR
1	2	Sedan, Jeep, St. Wagon	12328
2	3	Oplet, Minibus	
3	4	Pick Up dan Mobil Hantaran	
4	5a	Bus Kecil	40
5	5b	Bus Besar	192
6	6a	Truk 2 Sumbu Ringan	1878
7	6b	Truk 2 Sumbu Sedang	397
8	7a	Truk 3 Sumbu	108

Tabel 5. Data Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Manado-Bitung tahun 2015

No	Gol	Jenis Kendaraan	LHR
1	2	Sedan, Jeep, St. Wagon	11185
2	3	Oplet, Minibus	
3	4	Pick Up dan Mobil Hantaran	
4	5a	Bus Kecil	36
5	5b	Bus Besar	174
6	6a	Truk 2 Sumbu Ringan	1704
7	6b	Truk 2 Sumbu Sedang	397
8	7a	Truk 3 Sumbu	98

Berdasarkan Tabel 5 volume lalu lintas yang melewati Ruas Jalan Manado-Bitung untuk kendaraan jenis Sedan, Jeep, St. Wagon, Oplet, Minibus, Pick Up dan Mobil Hantaran sebesar 11.185 kendaraan/hari, untuk kendaraan Bus Kecil 36 kendaraan/hari, untuk Bus Besar 174 kendaraan/hari, untuk Truk 2 Sumbu ringan 1704 kendaraan/hari, untuk Truk 2 Sumbu sedang 397 kendaraan/hari dan untuk Truk 3 Sumbu 98 kendaraan/hari.

Seperti halnya dengan ruas jalan Manado-Bitung, data survei lalu lintas ruas jalan Bethesda yang didapatkan dari *Core Team* adalah data tahun 2015 sedangkan jalan tersebut terakhir di *overlay* tahun 2016 sehingga perlu dilakukan perhitungan maju dengan menggunakan angka pertumbuhan lalu lintas (i). Data volume lalu lintas selama survei ditampilkan pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Data Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Bethesda tahun 2015

No	Gol	Jenis Kendaraan	LHR
1	2	Sedan, Jeep, St. Wagon	20468
2	3	Oplet, Minibus	
3	4	Pick Up dan Mobil Hantaran	
4	5a	Bus Kecil	23
5	5b	Bus Besar	63
6	6a	Truk 2 Sumbu Ringan	188
7	6b	Truk 2 Sumbu Sedang	481
8	7a	Truk 3 Sumbu	23

Dari data LHR tahun 2015 pada tabel 6 maka dihitung maju ke tahun 2016 dengan cara mengalikan LHR masing-masing kendaraan dengan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata di Indonesia yaitu 4,75% menurut MDP 2013 kemudian hasil perkalian tersebut dijumlahkan dengan LHR tahun 2015 masing-masing jenis kendaraan maka didapatkan prediksi LHR tahun 2016 sesuai tabel 7.

Tabel 7. Data Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Bethesda tahun 2016

No	Gol	Jenis Kendaraan	LHR
1	2	Sedan, Jeep, St. Wagon	21440
2	3	Oplet, Minibus	
3	4	Pick Up dan Mobil Hantaran	
4	5a	Bus Kecil	24
5	5b	Bus Besar	66
6	6a	Truk 2 Sumbu Ringan	198
7	6b	Truk 2 Sumbu Sedang	503
8	7a	Truk 3 Sumbu	24

Berdasarkan Tabel 7 volume lalu lintas yang melewati Ruas Jalan Bethesda untuk kendaraan jenis Sedan, Jeep, St. Wagon, Oplet, Minibus, Pick Up dan Mobil Hantaran sebesar 21.440 kendaraan/hari, untuk kendaraan Bus Kecil 24 kendaraan/hari, untuk Bus Besar 66 kendaraan/hari, untuk Truk 2 Sumbu ringan 198 kendaraan/hari, untuk Truk 2 Sumbu sedang 503 kendaraan/hari dan untuk Truk 3 Sumbu 24 kendaraan/hari.

ANALISA LALU LINTAS HARIAN RATA-RATA TAHUNAN

Faktor Distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan dalam Tabel 2.9 sehingga faktor distribusi Lajur untuk kedua ruas jalan diambil 80%.

Perkiraan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Pada Bina Marga 2013 memberikan prosedur sederhana untuk menentukan karakteristik nilai rata-rata faktor ekuivalen beban (VDF) untuk setiap kendaraan niaga.

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas digunakan sebagai nilai minimum berdasarkan Bina Marga 2017 yaitu jalan Arteri dan Perkotaan diambil nilai $i = 4.75\%$.

Perhitungan Lintas Ekuivalen Permulaan

Berdasarkan persamaan 1 maka dapat kita hitung Lintas Ekuivalen Permulaan untuk Ruas Jalan Manado-Bitung dan Ruas Jalan Bethesda.

Dari tabel 8 Lintas Ekuivalen Permulaan Ruas Jalan Manado-Bitung untuk kendaraan jenis Sedan, Jeep, St. Wagon, Oplet, Minibus, Pick Up dan Mobil Hantaran adalah 0, untuk bus kecil 9,60, bus besar 153,60, truk 2 sumbu ringan 450,72, truk 2 sumbu sedang 280,32, truk 3 sumbu 656,64, dan untuk truk 5 sumbu gandengan dan semi trailer adalah 0. Jumlah Lintas Ekuivalen Permulaan Ruas Jalan Manado-Bitung adalah sebesar 1550,88.

Tabel 8. Lintas Ekuivalen Permulaan Ruas Jalan Manado-Bitung

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)		
2, 3, 4	Sedan, Jeep, St. Wagon, Oplet, Minibus, Pick Up dan Mobil Hantaran	0.00
5a	Bus Kecil	9.60
5b	Bus Besar	153.60
6a	Truk 2 Sumbu Ringan	450.72
6b	Truk 2 Sumbu Sedang	280.32
7a	Truk 3 Sumbu	656.64
Jumlah		1550.88

Sedangkan untuk Ruas Jalan Bethesda berdasarkan tabel 9 Lintas Ekuivalen Permulaan jenis kendaraan Sedan, Jeep, St. Wagon, Oplet,

Minibus, Pick Up dan Mobil Hantaran adalah 0, untuk bus kecil 5,52, bus besar 50,40, truk 2 sumbu ringan 45,12, truk 2 sumbu sedang 307,84, truk 3 sumbu 139,84, dan untuk truk 5 sumbu gandengan dan semi trailer adalah 0. Jumlah Lintas Ekuivalen Permulaan Ruas Jalan Manado-Bitung adalah sebesar 548,72.

Berdasarkan tabel 9. lintas ekuivalen untuk kendaraan sedan, Angkot, Pick Up, dan St. Wagon adalah sebesar nol karena Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) golongan kendaraan tersebut memiliki dampak yang sangat kecil dibandingkan golongan lainnya. Angka ekuivalen untuk sedan, Angkot, Pick Up, dan St. Wagon hanya sebesar 0,0004. Angka ini menunjukkan bahwa pengaruh kendaraan ringan terhadap penurunan kinerja perkerasan jalan sangat kecil.

Tabel 9. Lintas Ekuivalen Permulaan Ruas Jalan Bethesda

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)		
2, 3, 4	Sedan, Jeep, St. Wagon, Oplet, Minibus, Pick Up dan Mobil Hantaran	0.00
5a	Bus Kecil	5.52
5b	Bus Besar	50.40
6a	Truk 2 Sumbu Ringan	45.12
6b	Truk 2 Sumbu Sedang	307.84
7a	Truk 3 Sumbu	139.84
Jumlah		548.72

Perhitungan CESA berdasarkan Bina Marga 2013

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana.

Tabel 10. Perhitungan CESA Ruas Jalan Manado-Bitung

No	Tahun	ESA /Hari	ESA /Tahun	CESA
0	2016	1.551	566.100	566.100
1	2017	1.625	593.000	1.159.000
2	2018	1.702	621.100	1.780.000
3	2019	1.783	650.600	2.431.000
4	2020	1.867	681.500	3.112.000
5	2021	1.956	713.900	3.826.000

Perhitungan pada tabel 10 didasarkan pada data lalu lintas yang diperoleh dari tabel 5 kemudian dihitung berdasarkan persamaan 3

(Bina Marga 2013). Dari perhitungan pada tabel di atas maka didapatkan beban sumbu standar kumulatif untuk tahun pertama setelah *overlay* yaitu tahun 2017 sebesar 1.159.000 ESA dan beban sumbu standar kumulatif untuk akhir umur rencana selama 5 tahun yaitu tahun 2021 sebesar 3.826.000 ESA.

Tabel 11. Perhitungan CESA Ruas Jalan Bethesda

No	Tahun	ESA /Hari	ESA /Tahun	CESA
0	2015	548,7	200.300	200.300
1	2016	574,8	209.800	410.100
2	2017	602,1	219.800	629.800
3	2018	630,7	230.200	860.000
4	2019	660,6	241.100	1.101.000
5	2020	692,0	252.600	1.354.000

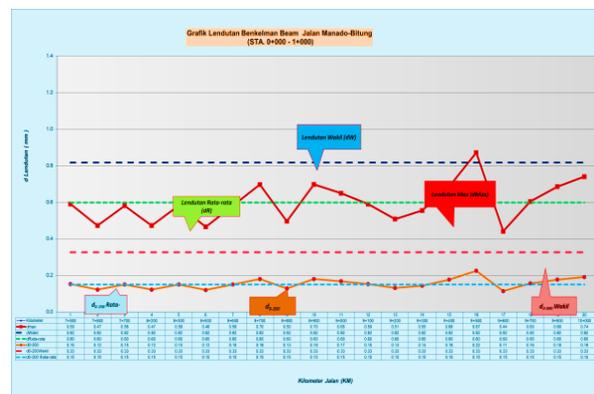
Perhitungan pada tabel 11 didasarkan pada data lalu lintas yang diperoleh dari tabel 7 kemudian dihitung berdasarkan persamaan 3 (Bina Marga 2013). Dari perhitungan pada tabel di atas maka didapatkan beban sumbu standar kumulatif untuk tahun pertama setelah *overlay* yaitu tahun 2017 sebesar 629.800 ESA dan beban sumbu standar kumulatif untuk akhir umur rencana selama 5 tahun yaitu tahun 2021 sebesar 1.354.000 ESA.

Analisa Lentutan

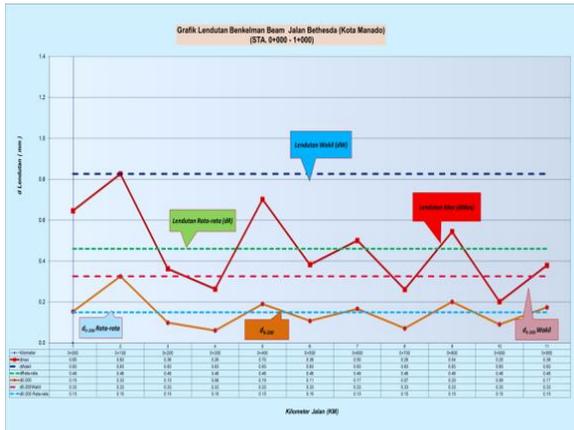
Nilai D_{wakil} dan CF masing-masing ruas jalan Manado-Bitung dan ruas jalan Bethesda disajikan pada tabel 12.

Tabel 12. Nilai D_{wakil} dan nilai CF

Jalan	D_{wakil}	$CF = D_0 - D_{200}$
Manado-Bitung	0,816	0,210
Bethesda	0,826	0,326



Grafik 2. Grafik lentutan balik BB ruas jalan Manado-Bitung



Grafik 3. Grafik lendutan balik BB ruas jalan Bethesda

Berdasarkan perhitungan di atas hasil lendutan balik yang didapatkan kecil maka untuk penanganan ruas jalan Manado-Bitung dan ruas jalan Bethesda dilihat berdasarkan nilai IRI kedua ruas jalan tersebut

Nilai IRI Ruas Jalan Manado Bitung

Berdasarkan data IRI yang di dapatkan dari Core Team P2JN, nilai IRI Ruas Jalan Manado Bitung sebanyak 20 titik yang dihitung setiap 100 m dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 13. Data IRI Ruas Jalan Manado-Bitung

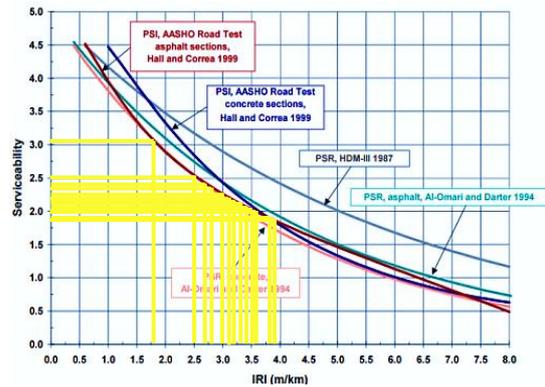
NO	Nilai IRI	NO	Nilai IRI
1	3,3	11	3,2
2	3,3	12	3,8
3	3,0	13	3,4
4	2,8	14	3,5
5	1,8	15	2,7
6	3,6	16	2,8
7	3,9	17	2,5
8	3,9	18	3,4
9	3,1	19	3,4
10	3,6	20	3,4

Dari tabel 12 maka didapatkan IRI rata-rata untuk ruas jalan Manado-Bitung sebesar 3.22m/km.

Hubungan Indeks Pemukaan dan Nilai IRI Ruas Jalan Manado – Bitung

Dari nilai IRI di atas, dapat kita ketahui nilai IP dengan menggunakan grafik hubungan Indeks Permukaan dan IRI.

Hubungan Indeks Permukaan dan IRI untuk Ruas Jalan Manado – Bitung diperlihatkan pada Grafik 4 berikut ini.



Grafik 4. Hubungan Indeks Permukaan dan IRI Ruas Jalan Manado - Bitung

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui nilai Indeks Permukaan Ruas Jalan Manado – Bitung sesuai dengan tabel berikut.

Tabel 14. Indeks Permukaan berdasarkan nilai IRI Ruas Jalan Manado-Bitung

NO	Nilai IRI	IP	NO	Nilai IRI	IP
1	3,3	2,1	11	3,2	2,15
2	3,3	2,1	12	3,8	1,85
3	3,0	2,25	13	3,4	2,05
4	2,8	2,35	14	3,5	2,0
5	1,8	3,05	15	2,7	2,4
6	3,6	1,95	16	2,8	2,35
7	3,9	1,8	17	2,5	2,5
8	3,9	1,8	18	3,4	2,05
9	3,1	2,2	19	3,4	2,05
10	3,6	1,95	20	3,4	2,05

Untuk jalan baru dibuka nilai Indeks Permukaan Awal (IP_0) adalah 4,2 dan untuk nilai Indeks Permukaan Akhir umur rencana adalah 2. Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa nilai Indeks Permukaan Ruas Jalan Manado-Bitung banyak yang sudah mendekati IP_t bahkan ada beberapa titik yang Indeks Permukaannya telah lebih dulu mencapai IP_t sebelum akhir umur rencana. Ruas jalan Manado-Bitung direncanakan selama 5 tahun namun baru 2 tahun nilai IP sudah sekitar 15% berada di bawah IP_t .

Nilai IRI Ruas Jalan Bethesda

Data IRI yang didapatkan dari Core Team P2JN, nilai IRI Ruas Jalan Manado Bitung sebanyak 10 titik yang dihitung setiap 100 m dapat dilihat pada tabel 15.

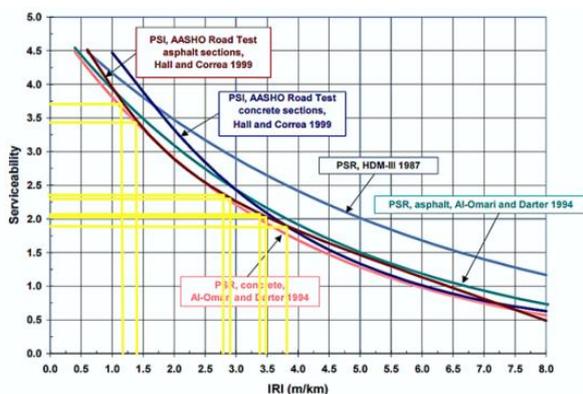
Dari tabel 15 tersebut didapatkan nilai IRI rata-rata untuk ruas jalan Bethesda sebesar 2.08 m/km.

Tabel 15. Data IRI Ruas Jalan Bethesda

NO	Nilai IRI
1	3,5
2	0,1
3	0,3
4	1,2
5	2,8
6	1,4
7	1,4
8	3,8
9	2,9
10	3,4

Hubungan Indeks Permukaan dan Nilai IRI Ruas Jalan Bethesda

Dari nilai IRI pada tabel 15, dapat kita ketahui nilai IP dengan menggunakan grafik hubungan Indeks Permukaan dan IRI.



Grafik 5. Hubungan Indeks Permukaan dan IRI Ruas Jalan Bethesda

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui nilai Indeks Permukaan Ruas Jalan Bethesda sesuai dengan tabel 16. berikut.

Tabel 16. Indeks Permukaan berdasarkan nilai IRI Ruas Jalan Bethesda

NO	Nilai IRI	IP
1	3,5	2,05
2	0,1	-
3	0,3	-
4	1,2	3,7
5	2,8	2,35
6	1,4	3,4
7	1,4	3,4
8	3,8	1,85
9	2,9	2,3
10	3,4	2,1

Ruas Jalan Bethesda masih tergolong bagus karena penurunan Indeks Permukaannya tidak begitu jauh dari Indeks Permukaan Awal yang telah ditentukan. Namun demikian ada beberapa

titik yang telah mencapai IP_t sebelum akhir umur rencana, hal ini dikarenakan titik-titik tersebut berada disekitar Rumah Sakit, SPBU, atau persimpangan jalan yang menjadi tempat keluar masuk kendaraan.

PENUTUP

Kesimpulan

- Beban Lalu Lintas
 - Ruas Jalan Manado-Bitung
Ruas Jalan Manado-Bitung di *overlay* tahun 2016, *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) untuk tahun pertama setelah di *overlay* adalah 1.159.000 ESA, dengan persentase 17,7% untuk kendaraan jenis bus kecil, bus besar, truk 2 sumbu ringan, truk 2 sumbu sedang dan truk 3 sumbu dari jumlah keseluruhan semua jenis kendaraan.
 - Ruas Jalan Bethesda
Ruas Jalan Bethesda di *overlay* tahun 2015, *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) untuk tahun kedua setelah di *overlay* adalah 629.800 ESA, dengan persentase 3,7% untuk kendaraan jenis bus kecil, bus besar, truk 2 sumbu ringan, truk 2 sumbu sedang dan truk 3 sumbu dari jumlah keseluruhan semua jenis kendaraan.
- Kinerja perkerasan dapat dilihat dari besarnya penurunan nilai Indeks Permukaan, untuk mengetahui jalan telah mengalami penurunan nilai IP maka dapat kita lihat dari lendutan atau nilai IRI jalan.
- Lendutan balik dan nilai CF yang didapat dari ruas jalan Manado-Bitung adalah nilai $D_{wakil} = 0,816$ mm dan nilai $d_{200} = 0,210$ mm dan untuk ruas jalan Bethesda didapat nilai $D_{wakil} = 0,826$ mm dan nilai $d_{200} = 0,326$ mm, karena lendutan yang didapatkan kecil maka penurunan kinerja jalan dapat dilihat berdasarkan nilai IRI jalan.
- Nilai IRI rata-rata ruas jalan Manado Bitung adalah sebesar 3.22 m/km yang kemudian diubah menjadi nilai Indeks Permukaan menggunakan grafik hubungan Indeks Permukaan dan IRI, maka didapat nilai IP untuk ruas jalan Manado-Bitung sebesar 2.15 yang berarti fungsi pelayanan masih tergolong cukup. Sedangkan untuk ruas jalan Bethesda nilai IRI rata-rata adalah sebesar 2.08 m/km sehingga didapatkan nilai IP sebesar 2.75,

- sama seperti ruas jalan Manado-Bitung fungsi pelayanan ruas jalan Bethesda masih tergolong cukup.
5. Penurunan kinerja untuk kedua ruas jalan tersebut pada tahun 2017 hampir sama dilihat dari besarnya lendutan dan Indeks Permukaan kedua ruas jalan tersebut, walaupun ruas jalan Manado-Bitung memiliki lalu lintas yang lebih besar dengan persentase 17,7% kendaraan berat yang melintas dan sudah 2 tahun di *overlay* dibandingkan dengan Ruas Jalan Bethesda yang lalu lintasnya lebih kecil dengan persentase 3,7 % kendaraan berat yang melintas dan baru tahun pertama di *overlay*.
 6. Kerusakan jalan tidak hanya dipengaruhi besar beban lalu lintas, melainkan juga kualitas struktur perkerasan jalan.

Saran

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu referensi bagi pemerintah, supaya dalam pembuatan jalan kita bisa memperkirakan jenis kendaraan yang akan melewati jalan tersebut sehingga kita dapat menyesuaikan stuktur perkerasan jalan agar kemampuan jalan untuk memikul beban kendaraan sebanding dengan kualitas jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993. *American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for Design of Pavement Structure*. AASHTO.
- Bina Marga, 2005, *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan Pd T-05-2005-B*, Depatmen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Citra Andansari, 2007 “*Pengaruh Kelebihan Beban Terhadap Umur Rencana Jalan*” Universitas Kristen Maranatha Bandung
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*, (SKBI-2.3.26).
- Gunarta et.al, 2008, “*Characterizing Load Limit Offences in Indonesia, A Statistical Approach on Overloading Cases at WBSs*”, Jurnal Jalan dan Jembatan Vol. 25 No.3, Bandung.
- Joetata Hadihardja, 1997. *Rekayasa Jalan Raya*, Gunadrma, Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta.
- Kementrian Perhubungan, 2001, *Survei Asal Tujuan Transportasi Nasional*, Jakarta.
- NCHRP, 2001, *Rehabilitation Strategiesfor Highway Pavements*, TRB-NRC, Washington.
- Oglesby, C. H., 1999. *Teknik Jalan Raya* (1 ed.). Jakarta: Gramedia.
- Pemerintah Indonesia. 1992. Undang-undang Nomor 14 Tahun 1992, Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (Pasal 8 Ayat 1).
- Silvia, S, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Tamin, Ofyar., 2008. *Efisiensi Pemeliharaan Jalan Akibat Muatan Berlebih dengan Sistem Transportasi Barang Multimoda/Intermoda*. Bandung: ITB.
- Tenriajeng, Andi, 2000, *Rekayasa Jalan Raya II*, Gunadarma, Jakarta.