



Hubungan Penilaian Kerusakan Jalan Metode Bina Marga dan *Light Weight Deflectometer (LWD)*

Iffah Lubna Diana¹, *Indra Nurtjahjaningtyas², Akhmad Hasanuddin²

¹Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember,

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember

*)indran.teknik@unej.ac.id

Received: 21 Juli 2023 Revised: 4 September 2024 Accepted: 12 September 2024

Abstract

The Tegal Siwalan-Banyuwani Highway in Probolinggo Regency has been damaged at several points and has not received any maintenance for the last 7 years. This has a huge impact on road users because it can interfere with driving comfort and safety, so it is necessary to analyze the road damage that has occurred, including the type of damage and an assessment of road conditions. The Bina Marga method and a light-weight deflectometer (LWD) can be used to assess road deflection in order to assess road condition. The results of this study obtained priority order values for each segment that were in the range 5-11. The greater the value of the Order of Priority obtained, the better the road condition, whereas the smaller the value of the Order of Priority obtained, the worse the road condition. It was also found that the Bina Marga method and the Light Weight Deflectometer (LWD) tool had a poor correlation, so a comparison between the two could not be made for assessing the condition of the road surface layer.

Keywords: Road damage, light weight deflectometer (LWD), damage assessment

Abstrak

Jalan Raya Tegal Siwalan-Banyuwani, Kabupaten Probolinggo mengalami kerusakan di beberapa titik dan belum mendapatkan penanganan kurang lebih selama 7 tahun terakhir. Hal ini sangat berdampak bagi para pengguna karena dapat mengganggu kenyamanan dan keselamatan dalam berkendara, sehingga perlu adanya analisis terkait kerusakan jalan yang terjadi meliputi jenis kerusakan dan penilaian kondisi jalan. Cara yang dapat dilakukan untuk analisis penilaian kondisi jalan adalah dengan menggunakan metode Bina Marga dan penggunaan alat Light Weight Deflectometer (LWD) untuk menilai defleksi jalan. Hasil dari penelitian ini adalah nilai urutan prioritas pada tiap segmen yang berada pada rentang 5-11. Semakin besar nilai urutan prioritas yang didapat menandakan kondisi ruas jalan yang semakin baik, sedangkan jika nilai semakin kecil maka kondisi ruas jalan semakin buruk. Didapatkan pula bahwa metode Bina Marga dan alat Light Weight Deflectometer (LWD) memiliki korelasi yang buruk, sehingga keduanya tidak dapat dibuat sebuah perbandingan untuk penilaian kondisi lapisan permukaan jalan.

Kata kunci: Kerusakan jalan, light weight deflectometer (LWD), penilaian kerusakan

Pendahuluan

Status jalan raya Tegal Siwalan - Banyuwani yang berada di Kabupaten Probolinggo merupakan jalan kabupaten. Jalan ini termasuk dalam kategori jalan lokal primer yang terdiri dari satu jalur, dua lajur, dua arah tak terbagi (2/2 UD). Jalan ini merupakan jalur strategis yang menghubungkan antara Jalan Raya Malasan dengan Tegalsiwalan, Kabupaten Probolinggo menuju beberapa kecamatan di daerah sekitarnya. Lokasi penelitian adalah pada ruas

Jalan Paras, Tegalsiwalan, Kabupaten Probolinggo dengan panjang jalan yang ditinjau 1 km seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Akses jalan memiliki peranan yang sangat penting untuk mendukung berbagai kegiatan ditinjau dari beberapa aspek, seperti bidang, sosial, ekonomi, politik, budaya, pertahanan dan keamanan. Jalan ini selalu ramai dilalui kendaraan ringan ataupun kendaraan berat, termasuk kendaraan yang mengangkut hasil perkebunan. Truk pengangkut

kayu dan truk pengangkut pasir biasanya juga sering melalui jalan ini untuk mendistribusikan muatannya, termasuk juga bus wisata menuju beberapa destinasi seperti arung jeram.



Legenda:
— Jalan Nasional
— Jalan Kabupaten
— Paras – Klenang Kidul
Sumber: Bina Marga, 2021

Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Peningkatan beban volume lalu lintas karena kendaraan berat yang membawa muatan melebihi kapasitas menyebabkan terjadinya kerusakan jalan dan memperburuk kondisi jalan sebelum umur rencana (Morisca, 2014). Selain karena beban lalu lintas, kerusakan jalan juga dapat disebabkan oleh pengaruh iklim, sistem drainase yang kurang baik, dan lainnya. Berdasarkan survei yang telah dilakukan menurut Bina Marga 1983 terdapat beberapa kerusakan jalan yang terjadi, yakni retak-retak, lubang, *disintegration*, amblas, pelepasan butir, dan sebagainya (Herdiana, 2021) sehingga diperlukan analisis atau evaluasi terkait kerusakan jalan.

Evaluasi kerusakan jalan yang ditinjau adalah dengan menggunakan metode Bina Marga 1990 untuk menilai kondisi permukaan jalan. Penerapan metode ini adalah dengan melakukan survei terhadap kondisi permukaan jalan secara visual, melakukan peninjauan terhadap volume lalu lintas, dan kerusakan-kerusakan yang dialami permukaan perkerasan sesuai keadaan di lapangan (Faisal & Hidayat, 2020). Dari survei ini didapatkan angka kerusakan jalan untuk selanjutnya dapat diketahui nilai kondisi jalannya. Selain dengan metode Bina Marga digunakan juga alat *Light Weight Deflectometer* (LWD) untuk menguji defleksi pada permukaan perkerasan guna mendapatkan nilai lendutan dan nilai modulus elastisitas pada lapisan perkerasan jalan aspal (Syafier, 2019). Alat LWD merupakan perkembangan teknologi dari metode konvensional di bidang komputer, sensor, dan mikro elektronika (Aziz, 2019). Penelitian terkait penggunaan alat LWD untuk keperluan rehabilitasi dan pemeliharaan jalan menurut Wibowo (2019) menunjukkan hasil dari nilai lendutan dan modulus

elastisitas alat LWD digunakan untuk merencanakan tebal lapis ulang tambahan (overlay).

Penelitian yang juga telah dilakukan adalah perbandingan alat LWD dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) oleh Rosyidi, *et al.*, (2022) dan Nurtjahjaningtyas, *et al* (2023) menghasilkan modulus elastisitas alat LWD dan DCP menunjukkan nilai korelasi yang baik dengan angka koefisien determinasinya sebesar 0,979. Selain itu terdapat juga penelitian yang membandingkan alat LWD dengan Benkelmen Beam Deflectometer (BBD) yang menghasilkan bahwa modulus statis tanah dasar yang diperkirakan dari uji BBD berada di sisi yang lebih rendah dibandingkan dengan modulus dinamis tanah dasar dari LWD.

Korelasi antara statis dan dinamis moduli tanah dasar menunjukkan korelasi yang baik, sehingga alat LWD dapat digunakan sebagai alat evaluasi kekuatan tanah dasar untuk tahap konstruksi dan pemeliharaan perkerasan jalan (Guzzarlapudi *et al.*, 2016). Menurut Franky *et al.* (2023), *Light Weight Deflectometer* (lwd) Sebagai kontrol kualitas secara mekanis dari material perkerasan tanah.

Dari uraian di atas, maka diambil penelitian mengenai analisis hubungan antara metode Bina Marga dengan alat *Light Weight Deflectometer* (LWD). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jenis kerusakan yang terjadi dan penyebabnya, nilai urutan prioritas berdasarkan metode Bina Marga, serta nilai lendutan dan modulus elastisitas dari alat LWD untuk selanjutnya dicari hubungan antara keduanya.

Metode

Ruas jalan yang ditinjau memiliki panjang total 9 km dan diambil panjang jalan 1 km sebagai lokasi penelitian. Objek penelitian menggunakan metode Bina Marga yang terbagi menjadi 10 segmen, dengan tiap segmen memiliki panjang 100 m, sedangkan pengujian dengan alat *Light Weight Deflectometer* (LWD) dibagi menjadi 25 titik dengan interval yang bervariasi menyesuaikan dengan tipe dan tingkat kerusakan jalan yang ada di lapangan. Pengambilan data primer dilakukan dengan metode observasi, dokumentasi, dan pengujian alat, sedangkan untuk data sekunder didapatkan dari dinas terkait.

Metode Bina Marga 1990

Penilaian kondisi jalan menurut Metode Bina Marga dihitung dengan caramenjumlahkan semua angka untuk setiap bentuk kerusakan. Kemudian

dilakukan perhitungan urutan prioritas berdasarkan kelas Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dan nilai yang diperoleh dari hasil survey penilaian kerusakan jalan. Rumus penentuan urutan prioritas (UP) menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1990) sebagai Persamaan 1.

$$UP = 17 - (\text{Kelas LHR} + \text{Nilai kondisi jalan}) \quad (1)$$

Tabel 1 menunjukkan tindakan penanganan yang harus diambil berdasarkan perhitungan nilai urutan prioritas. Dalam menentukan penilaian kondisi jalan terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan. Pertama adalah dengan menentukan kelas LHR seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Tindakan hasil urutan prioritas

Urutan Prioritas (UP)	Tindakan yang diambil
0-3	Program peningkatan
4-6	Program pemeliharaan berkala
≥7	Program pemeliharaan rutin

Sumber: Bina Marga, 018/T/BNKT/1990

Tabel 2. Kelas LHR

Kelas lalu-lintas	LHR
0	< 20
1	20 - 50
2	50 - 200
3	200 - 500
4	500 - 2.000
5	2.000 - 5.000
6	5.000 - 20.000
7	20.000 - 50.000
8	> 50.000

Evaluasi kondisi jalan dilakukan dengan menentukan tingkat kerusakan yang terjadi pada permukaan jalan berdasarkan jenis kerusakan dan persentase dari total luas jalan yang dipertimbangkan (Kurrahman, 2021). Tabel 3 menunjukkan jenis-jenis kerusakan dan angka kerusakannya. Selanjutnya setiap angka yang diperoleh dari tiap jenis kerusakan dijumlahkan untuk kemudian didapatkan nilai kondisi jalan berdasarkan total angka kerusakan jalannya sebagaimana dalam Tabel 4.

Light Weight Deflectometer (LWD)

Light Weight Deflectometer (LWD) merupakan alat uji *non destructivetesting* yang dapat digunakan untuk menilai lendutan dari lapisan aspal tanpa merusak aspal itu sendiri. Perhitungan penentuan modulus elastisitas didasarkan pada rumus *elastic boussinesq* (Putranto, 2017) yang ditunjukkan Persamaan 2.

$$E = \frac{(1-\nu^2)\sigma_0 a}{d_0} x f \quad (2)$$

dimana E merupakan modulus elastisitas (MPa), V merupakan rasio poisson, d_0 merupakan penurunan yang diukur atau lendutan, σ_0 merupakan tegangan terapan (MPa), a merupakan jari-jari pelat (mm), f merupakan faktor bentuk tergantung pada distribusi tegangan.

Data yang dimodelkan dapat diketahui telah terdistribusi normal atau tidak dengan melakukan uji normalitas. Melalui program SPSS persebaran data dianalisis dengan uji statistik dan analisis grafik (Ghozali, 2013). Dasar pengambilan keputusan untuk uji ini adalah dengan melihat nilai signifikansi. Data yang diteliti tidak normal jika nilai signifikansi yang didapat kurang dari 0,05. Namun, data uji penelitian berdistribusi normal jika nilai signifikansinya lebih besar dari 0,05 (Siregar & Cassiophea, 2022).

Tabel 3. Penentuan angka kerusakan jalan

Retak-retak (<i>Cracking</i>)		
Tipe	Buaya	5
	Acak	4
	Melintang	3
	Memanjang	1
	Tidak ada	1
Labar	> 2 mm	3
	1 - 2 mm	2
	< 1 mm	1
	Tidak ada	0
Luas permukaan	> 30%	3
	10% - 30%	2
	< 10%	1
	Tidak ada	0
Alur		
Kedalamam	> 20 mm	7
	11 - 20 mm	5
	6 - 10 mm	3
	0 - 5 mm	1
	Tidak ada	0
Tambalan dan lubang		
Luas	> 30%	3
	20 - 30%	2
	10 - 20%	1
	< 10%	0
Kekasaran permukaan		
Jenis	<i>Disintegration</i>	4
	<i>Pelepasan butir</i>	3
	<i>Rough</i>	2
	<i>Fatty</i>	1
	<i>Close texture</i>	0
Amblas		
Kedalaman	> 5/100 m	4
	2 - 5/100 m	2
	0 - 2/100 m	1
	Tidak ada	0

Dengan melihat sebaran data atau titik-titik hasil keluaran SPSS, dapat ditentukan apakah hasil uji normalitas telah terdistribusi secara normal. Data tidak terdistribusi secara normal jika menyebar dari garis diagonal. Sedangkan model memenuhi normalitas jika data mengikuti atau terletak di dekat garis diagonal.

Tabel 4. Penetapan nilai kondisi jalan

Total angka kerusakan	Nilai kondisi jalan
26-29	9
22-25	8
19-21	7
16-18	6
13-15	5
10-12	4
7-9	3
4-6	2
0-3	1

Analisis data

Data primer diperoleh dengan pengamatan langsung ke lokasi melalui metode observasi dan metode dokumentasi. Metode observasi terbagi menjadi survei awal terkait kondisi jalan, survei kerusakan jalan, dan survei volume lalu lintas. Sedangkan untuk data sekunder diperoleh dari Dinas Bina Marga Kabupaten Probolinggo.

Data diolah dengan metode Bina Marga dan hasil pengujian di lapangan menggunakan alat *Light Weigh Deflectometer*(LWD) selanjutnya dilakukan analisis dan pengolahan data terkait nilai lendutan (d_0 , d_1 , d_2) dan modulus elastisitas dari perkerasan lentur. Hasil pengolahan dan analisis digunakan untuk mencari hubungan antara keduanya menggunakan regresi linier dan non linier. Hubungan tersebut untuk menentukan apakah antara metode Bina Marga dan alat LWD dapat dibuat sebuah perbandingan.

Hasil dan Pembahasan

Penilaian kerusakan jalan dengan Metode Bina Marga 1990

Status jalan adalah jalan kabupaten dengan fungsi sebagai jalan lokal primer. Jenis perkerasan merupakan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan panjang 9km dan lebar jalan 5m. Struktur perkerasan menggunakan Telford dan lapis penetrasi makadam (lapen) dengan ketebalan masing – masing 15 cm dan 5 cm.

Survei kerusakan jalan yang dilakukan pada tanggal 26 September 2022 telah menghasilkan beberapa jenis kerusakan. Kerusakan tersebut

diantaranya retak buaya, retak acak, retak melintang, retak memanjang, tambalan, lubang, *disintegration*, pelepasan butir, *rough, fatty*, dan amblas. Kerusakan tersebar hampir di sepanjang jalan yang ditinjau dengan luasan kerusakan yang beragam. Contoh kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerusakan retak buaya dan disintegration

Faktor penyebab terjadinya kerusakan pada ruas ini diantaranya tidak ada sistem drainase yang mampu mengalirkan air terlebih ketika musim penghujan, akibatnya air menggenang pada permukaan jalan. Sehingga dalam hal ini hanya mengandalkan kemampuan alami lapisan perkerasan dan lapisan tanah dibawahnya untuk menyerap air.

Peningkatan beban volume lalu lintas juga menjadi penyebab kerusakan di jalan ini, adanya kendaraan berat yang melintas membawa muatan melebihi beban rencana mengakibatkan kerusakan lebih awal dan semakin memperparah kondisi kerusakan. Karena pada dasarnya jalan dirancang memiliki standar kemampuan untuk dapat menampung kendaraan yang melintas. Apabila beban tersebut melebihi beban rencana tentu hal itu akan menimbulkan kerusakan pada jalan dan dapat memperpendek usia layan jalan(Pandey, 2013).

Selain itu, kondisi kerusakan bertambah buruk karena kurangnya pemeliharaan jalan, perbaikan terakhir kali dilakukan ± 7 tahun yang lalu. Tidak adanya pemeliharaan sejak dini ditambah dengan adanya kerusakan-kerusakan kecil yang terjadi dan dibiarkan secara terus menerus tanpa adanya penanganan mengakibatkan kerusakan yang ditimbulkan semakin banyak dan parah. Perhitungan untuk angka kerusakan didasarkan pada kelompok-kelompok yang terbagi menjadi retak-retak, alur, tambalan dan lubang, kekasaran permukaan, dan amblas sebagaimana pada Tabel 3. Didapatkan data kerusakan jalan keseluruhan yang akan digunakan untuk menghitung nilai kondisi

jalan yang diperoleh dengan cara menjumlahkan angka kerusakan tiap segmen. Hasil rekapitulasi dari penentuan angka kerusakan dan total angka

kerusakan pada tiap segmen Jalan Raya Tegal Siwalan – Banyuanyar, Kabupaten Probolinggo dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi angka kerusakan

Segmen	Jenis kerusakan	Angka kerusakan	Total kerusakan
1 (0+100)	Retak buaya	5	18
	Retak acak	4	
	Retak memanjang	2	
	Lubang	0	
	Disintegration	4	
	Fatty	1	
	Amblas	2	
2 (0+200)	Retak buaya	5	12
	Retak acak	4	
	Tambalan dan Lubang	0	
	Fatty	1	
	Amblas	2	
3 (0+300)	Retak memanjang	2	10
	Lubang	0	
	Disintegration	4	
	Amblas	4	
4 (0+400)	Retak memanjang	2	10
	Tambalan dan Lubang	0	
	Disintegration	4	
	Amblas	4	
5 (0+500)	Retak acak	4	13
	Retak melintang	3	
	Retak memanjang	2	
	Tambalan dan Lubang	0	
	Disintegration	4	
6 (0+600)	Retak acak	4	8
	Lubang	0	
	Disintegration	4	
7 (0+700)	Retak acak	4	13
	Lubang	0	
	Disintegration	4	
	Pelepasan butir	3	
	Amblas	2	
8 (0+800)	Retak acak	4	15
	Lubang	0	
	Disintegration	4	
	Pelepasan butir	3	
	Amblas	4	
9 (0+900)	Retak buaya	5	20
	Retak acak	4	
	Tambalan dan Lubang	0	
	Disintegration	4	
	Pelepasan butir	3	
	Rough	2	
	Amblas	2	
10 (1+000)	Retak buaya	5	13
	Retak acak	4	
	Lubang	0	
	Disintegration	4	

Berdasarkan hasil rekapitulasi angka kerusakan dari segmen 0+100 hingga segmen 1+000 dan merujuk pada Tabel 4. Penetapan Nilai Kondisi Jalan maka didapatkan nilai kondisi jalan pada tiap segmennya sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6, dengan segmen 9 memiliki nilai kondisi jalan terbesar senilai 7 dan segmen 6 memiliki nilai kondisi jalan terendah yakni 3.

Tabel 6. Hasil perhitungan nilai kondisi jalan

Segmen (STA)	Angka kerusakan	Nilai kondisi jalan
1 (0+100)	18	6
2 (0+200)	12	4
3 (0+300)	10	4
4 (0+400)	10	4
5 (0+500)	13	5
6 (0+600)	8	3
7 (0+700)	13	5
8 (0+800)	15	5
9 (0+900)	20	7
10 (1+000)	13	5

Setelah didapatkan nilai kondisi jalan ini maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan nilai Urutan Prioritas (UP). Mengacu pada nilai Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) hasil survei maka didapatkan total volume lalu lintas tertinggi pada hari Sabtu dengan jumlah volume lalu lintas sebesar 9718 kend/hari. Berdasarkan Tabel 2 maka kelas LHR adalah 6. Maka Nilai Urutan Prioritas Jalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$UP = 17 - (\text{Kelas LHR} + \text{nilai kondisi jalan}) = 17 - (6 + 6) = 5.$$

Tabel 7. Rekapitulasi Nilai Urutan Prioritas

Segmen (STA)	Nilai UP	Tindakan yang diambil
1 (0+100)	5	Program pemeliharaan berkala
2 (0+200)	7	Program pemeliharaan rutin
3 (0+300)	7	Program pemeliharaan rutin
4 (0+400)	7	Program pemeliharaan rutin
5 (0+500)	6	Program pemeliharaan berkala
6 (0+600)	11	Program pemeliharaan rutin
7 (0+700)	6	Program pemeliharaan berkala
8 (0+800)	6	Program pemeliharaan berkala
9 (0+900)	4	Program pemeliharaan berkala
10 (1+000)	6	Program pemeliharaan berkala

Nilai Prioritas 5 termasuk dalam angka yang berada di rentang 4-6, maka pada segmen 1 ini

tindakan yang perlu diambil adalah program pemeliharaan berkala. Tabel 7 menunjukkan Nilai Urutan Prioritas untuk tiap segmennya.

Dari Tabel 7 didapatkan segmen jalan yang termasuk dalam program pemeliharaan rutin sebanyak 40% dan program pemeliharaan berkala sebanyak 60%. Dapat dilihat semakin besar nilai Urutan Prioritas menandakan kondisi ruas jalan yang semakin baik. Sedangkan jika nilai Urutan Prioritas semakin kecil maka kondisi ruas jalan semakin buruk.

Analisis perhitungan modulus elastisitas

Nilai modulus elastisitas diperoleh dari output alat Light Weight Deflectometer (LWD). Selain dengan LWD juga diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan rumus *elastic Boussinesq* sebagaimana pada Persamaan 2 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil nilai modulus elastisitas alat dan analisa

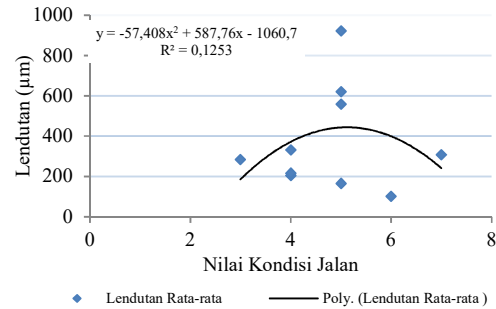
Titik	Meter ke-	Lendutan d_0 (μm)	Evd alat (MPa)	Evd analisis (MPa)
1	25,0	100,0	258,7	677,694
2	79,0	100,0	372,4	677,694
3	101,0	811,0	83,6	83,5627
4	144,4	100,0	165,2	677,694
5	158,0	100,0	240,1	677,694
6	180	423,7	87,5	159,947
7	212,5	342,3	249,4	197,982
8	229,0	472,3	208,3	143,488
9	286,2	236,3	213,0	286,794
10	338,5	100,0	184,8	677,694
11	400,0	348,8	184,8	194,293
12	413,1	115,1	290,0	588,787
13	434,3	100,0	196,8	677,694
14	494,2	100,0	201,1	677,694
15	518,2	199,5	57,6	339,696
16	554,0	318,1	197,9	213,044
17	684,0	541,5	76,3	125,151
18	759,5	1038,3	40,5	65,270
19	798,5	838,8	57,5	80,7932
20	845,2	608,4	96,7	111,389
21	878,4	279,0	105,2	242,901
22	908,8	351,0	223,5	193,075
23	927,2	566,5	113,5	119,628
24	940,7	590,7	40,8	114,727
25	990,0	412,7	238,6	164,210
Nilai Minimal			40,5	65,2695
Nilai Maksimal			372,4	677,694
Nilai Rata-rata			167,352	326,744
Standar Deviasi			87,2386	246,24
Koefisien Varian			0,52129	0,75362

Dari kedua nilai modulus elastisitas ini terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada beberapa titik, untuk lebih jelasnya dibuat grafik perbandingan yang dapat dilihat pada Gambar 4. Grafik terkait perbandingan modulus elastisitas pada Gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat nilai yang berdekatan dan terdapat nilai yang memiliki jarak sangat jauh seperti pada titik 1, 2, 4, dan beberapa titik lainnya. Seharusnya antara keduanya menghasilkan dua nilai atau tidak berbeda jauh. Perbedaan ini dapat terjadi karena pemilihan titik penempatan LWD di lapangan yang tidak rata, karena bentuk *base plate* berupa lingkaran sehingga faktor kerataan permukaan menjadi hal yang harus diperhatikan.

Hubungan Metode Bina Marga dan Alat Light Weight Deflectometer (LWD)

Setelah dilakukan perhitungan dan didapatkan angka kerusakan serta nilai kondisi jalan, kemudian dilakukan analisis menggunakan regresi linier dan non linier untuk mencari hubungan kedua nilai tersebut terhadap output alat LWD berupa nilai lendutan rata-rata dan modulus elastisitas yang dapat dilihat pada Tabel 9. Percobaan pertama yakni nilai lendutan dan

modulus elastisitas di rata-rata sesuai jumlah titik LWD pada tiap segmen sesuai metode Bina Marga.

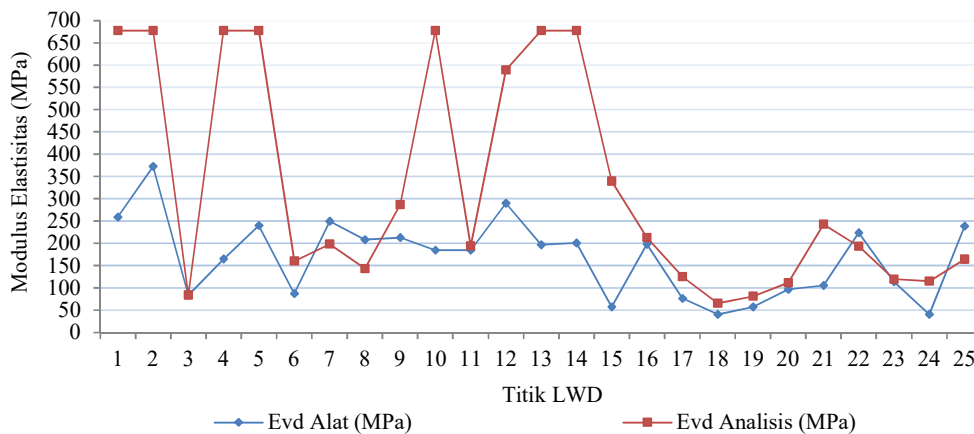


Gambar 3. Grafik nilai kondisi jalan dan lendutan rata-rata

Contoh grafik analisis hasil regresi dari Tabel 7 ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar tersebut setelah dilakukan percobaan menggunakan berbagai model regresi hubungan antara nilai kondisi jalan dan lendutan menghasilkan nilai R² yang paling tinggi sebesar 0,1253 pada regresi polinomial $y = -57.408x^2 + 587.76x - 1060.7$.

Tabel 9. Perbandingan Metode Bina Marga dan Alat LWD

Segmen	Nilai kondisi jalan	Angka kerusakan	Lendutan rata-rata (µm)	Modulus elastisitas (MPa)
1 (0+100)	6	18	100,7333	315,550
2 (0+200)	4	12	332,3333	144,100
3 (0+300)	4	10	204,7000	223,567
4 (0+400)	4	10	216,4167	184,800
5 (0+500)	5	13	166,3778	229,300
6 (0+600)	3	8	284,4167	127,750
7 (0+700)	5	13	620,0333	76,300
8 (0+800)	5	15	922,2833	49,000
9 (0+900)	7	20	307,3167	100,950
10 (1+000)	5	13	558,4417	154,100

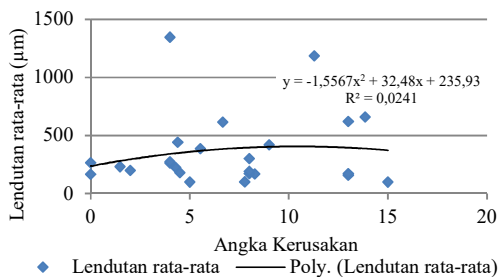


Gambar 4. Grafik perbandingan modulus elastisitas

Tabel 10. Rekapitulasi angka kerusakan dan output alat LWD

No	Angka Kerusakan				Lendutan rata-rata (µm)	Modulus Elastisitas (MPa)	Lendutan d ₀ (µm)
	Area A	Area B	Area C	Area D			
1	15	7	7	4	100	258,7	100
2	7,7692	4	6	4	101,4667	372,4	100
3	6,6667	2	2	4	616,4667	83,6	811
4	4,2857	4	4	4	224,5667	165,2	100
5	5	5	5	5	100	240,1	100
6	5,5450	6	5	4	388,3	87,5	423,7
7	4,5	0	0	0	180,7667	249,4	342,3
8	1,4760	0	0	0	232,0333	208,3	472,3
9	2	0	0	0	201,3	213	236,3
10	8,2727	2	2	3	170,1667	184,8	100
11	4	0	0	0	262,6667	184,8	348,8
12	0	0	0	0	165,9	290	115,1
13	8	2	2	4	172,9333	196,8	100
14	13	6	6	6	160,3	201,1	100
15	8	4	4	4	302,8667	57,6	199,5
16	0	1	2	0	265,9667	197,9	318,1
17	13	4	4	4	620,0333	76,3	541,5
18	11,2857	4	4	4	1184,8	40,5	1038,3
19	13,8547	8	7	7	659,7667	57,5	838,8
20	4,3984	4	4	4	442,2667	96,7	608,4
21	13	1	1	0	172,3667	105,2	279
22	8	5	4	4	192,4333	223,5	351
23	9	5	5	5	421,7333	113,5	566,5
24	4	1	2	0	1345,4	40,8	590,7
25	4	1	3	0	274,2	238,6	412,7

Percobaan kedua dilakukan dengan membagi segmen kerusakan mengikuti jumlah titik LWD sebanyak 25 titik sebagaimana pada Tabel 10. Percobaan ini didasarkan pada pengambilan jarak terhadap titik LWD. Jarak antar titik LWD menghasilkan angka kerusakan yang cukup tinggi dibandingkan jarak 10m, 5m, dan titik LWD. Pengujian menggunakan garis tren eksponensial, linier, dan polynomial seluruh grafik menunjukkan bahwa dari semua percobaan, nilai R-Square yang didapat lebih kecil dari 0,25 yang artinya model tersebut lemah dan hubungan sangat buruk.



Gambar 5. Grafik Hubungan antar LWD dan lendutan rata-rata

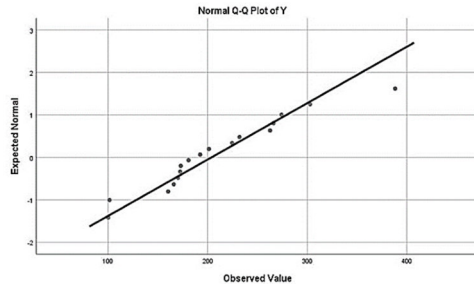
Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 5 setelah dilakukan percobaan menggunakan berbagai model regresi hubungan antara nilai

angka kerusakan jalan dan lendutan rata-rata menghasilkan nilai R² yang paling tinggi sebesar 0,0241 pada regresi polinomial $y = -1,5567x^2 + 32,48x + 235,93$. Jadi, seluruh grafik menunjukkan bahwa dari semua percobaan, nilai R-Square yang didapat lebih kecil dari 0,25 yang artinya model tersebut lemah dan hubungan sangat buruk antara angka kerusakan jalan dan lendutan rata-rata.

Percobaan ketiga untuk mengetahui sebaran data normal atau tidak dengan uji normalitas serta untuk mengetahui kualitas data yang dimiliki. Uji normalitas dilakukan pada output alat LWD berupa lendutan, modulus elastisitas, dan lendutan rata-rata. Uji normalitas tersebut dilakukan dengan menggunakan software SPSS dan didapatkan bahwa nilai lendutan d₀ dan modulus elastisitas normal, sedangkan data yang tidak normal yakni lendutan rata-rata. Setelah dilakukan uji normalitas didapatkan nilai lendutan rata-rata tersisa 18 titik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.

Hasil grafik sebaran data plot probabilitas untuk angka lendutan rata-rata uji normalitas menunjukkan bahwa terdapat titik beberapa titik yang harus dihilangkan, yakni lendutan rata-rata pada titik 3, 17, 18, 19, 20, 23 dan 24 hingga tersisa 18 titik normal. Dari data yang tersisa 18 titik menunjukkan bahwa data telah terdistribusi

normal berdasarkan uji *Kolmogorov-Smirnov* dan uji *Shapiro-Wilk*. Untuk mencapai normalitas terdapat Selanjutnya 18 titik ini dianalisis kembali dengan regresi linier terhadap metode bina marga yang terdiri dari jarak antar LWD, jarak 10 m, jarak 5 m, dan titik LWD.



Gambar 6. Grafik uji normalitas

Hasil pengujian normalitas melalui uji *Kolmogorov-Smirnov* dan uji *Shapiro-Wilk* dapat dilihat pada Tabel 11. Berdasarkan Tabel 11 diperoleh nilai signifikansi dari uji *Kolmogorov-Smirnov* dan uji *Shapiro-Wilk* masing-masing sebesar 0,200 dan 0,287 yang menunjukkan bahwa data telah berdistribusi normal karena kedua nilai yang didapat lebih besar dari 0,05. Berdasarkan Tabel 12 didapatkan nilai R^2 0,089 untuk garis tren linear, 0,077 untuk garis tren kuadrat atau polinomial, dan 0,128 untuk garis tren eksponensial.

Tabel 11. Hasil nilai modulus elastisitas alat dan analisa

Tests of Normality						
Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Y	0,124	18	.200*	0,940	18	0,287

Dari uji secara keseluruhan hasil yang didapatkan setelah uji normalitas juga menunjukkan nilai R^2 yang kecil. Nilai R^2 terbesar adalah 0,208 pada garis tren polinomial antara hubungan lendutan rata-rata dengan penilaian kerusakan jalan jarak 5 m dari titik LWD. Sedangkan untuk nilai R^2 paling kecil adalah 0,017 pada garis tren linear antara hubungan lendutan rata-rata dengan penilaian kerusakan jalan jarak 5 m dari titik LWD.

Analisis hubungan hasil pengujian

Hasil analisis hubungan antara metode Bina Marga dan alat *Light Weight Deflectometer* menggunakan analisis statistik menunjukkan hubungan yang sangat lemah, dengan nilai R^2 berada dibawah angka 0,25. Hasil akhir dari output metode Bina Marga berupa tindakan penanganan yang dapat

dilakukan untuk kerusakan yang terjadi berdasarkan nilai kondisi jalan. Sedangkan untuk alat LWD tinjauan yang dilakukan dalam pengujian hanya berfokus pada satu titik, dengan output atau hasil akhir berupa nilai lendutan dan modulus elastisitas.

Tabel 12. Nilai R^2 antar LWD dan lendutan rata-rata uji normalitas

Model Summary				
Linear				
R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	
0,378	0,143	0,089	71,876	
Quadratic				
R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	
0,431	0,185	0,077	72,372	
Exponential				
R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	
0,423	0,179	0,128	0,355	

Dengan demikian terdapat beberapa alasan yang membuat metode Bina Marga dan alat LWD memiliki hubungan yang lemah dan tidak dapat dibandingkan, yaitu sistem atau cara penilaian antara keduanya yang berbeda dengan output hasil akhir nilai yang juga berbeda jauh. Dari segi pengambilan titik, untuk metode Bina Marga ditetapkan bahwasanya penilaian dilakukan pada tiap segmen dengan panjang 100 meter, sedangkan pada alat LWD tidak diatur untuk jarak pengambilan titik pengujiannya. Metode Bina marga berfokus pada survei visual untuk tiap jenis kerusakan yang ada lalu dilakukan penilaian angka kerusakan, sedangkan pada alat LWD dilakukan dengan metode penjatuhan beban untuk menilai lendutan atau ketidakraatan lapisan permukaan tanpa melihat jenis kerusakan yang terjadi.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian analisis hubungan penilaian kerusakan jalan dapat disimpulkan bahwa kerusakan jalan yang terjadi terbagi menjadi 11 jenis yakni retak buaya, retak acak, retak melintang, retak memanjang, tambalan, lubang, disintegration, pelepasan butir, rough, fatty, dan amblas. Kerusakan jalan disebabkan karena tidak adanya sistem drainase, peningkatan beban volume lalu lintas, dan kurangnya pemeliharaan jalan. Dalam metode Bina Marga didapat hasil berupa angka kerusakan dan nilai kondisi jalan. Sedangkan untuk alat LWD diperoleh angka lendutan dan modulus elastisitas. Hubungan kerusakan jalan dengan Metode Bina Marga dan alat LWD menggunakan regresi linier

dan uji normalitas menghasilkan nilai $R^2 < 0,25$ yang menunjukkan hubungan yang lemah. Sehingga penilaian kerusakan jalan antara Metode Bina Marga dan alat LWD tidak dapat dibandingkan.

Saran

Saran yang dapat dilakukan adalah memperbanyak titik pengujian dengan alat LWD misalnya pengujian dilakukan setiap 5m sehingga didapat model hubungan matematis yang menggambarkan hubungan kuat antara nilai kerusakan jalan dan lendutan. Penelitian yang dapat dilakukan selanjutnya adalah menghubungkan antara nilai lendutan dari alat LWD dengan nilai CBR lapangan atau dengan nilai IRI.

Daftar Pustaka

AZIS, A. (2020). *Studi Hubungan Modulus Aspal Terhadap Tinggi Jatuh Beban Light Weight Deflectometer (Lwd) Laboratorium* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).

Direktorat Jenderal Bina Marga (1990) 'Tata Cara Penyusunan Program Pemeliharaan Jalan Kota No. 018/T/BNKT/1990', (018), p. 47.

Faisal, F. & Hidayat, A. (2020) Analisa Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Bina Marga (Studi Kasus Jalan Akses Terminal Alang-Alang Lebar Kota Palembang STA 00+000 s/d STA 01+000), *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 7(1), p. 19.
<https://doi.org/10.35449/teknika.v7i1.129>.

Franky E. P. Lopian, (2023) Light Weight Deflectometer (LWD) Sebagai Kontrol Kualitas Secara Mekanis Dari Material Perkerasan Tanah' *Prosiding Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi*, 10(2), 646-656

Ghozali, I. (2013). *Aplikasi Analisis Multivariat dengan Program IBM SPSS*. Edisi 7. Semarang : Penerbit Universitas Diponegoro.

Guzzarlapudi, S.D., Adigopula, V.K. and Kumar, R. (2016). Comparative studies of lightweight deflectometer and Benkelman beam deflectometer in low volume roads, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 3(5), pp. 438-447.
<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.09.005>.

Herdiana, R. (2021). *Analisis Beban Berlebih*

Kendaraan Terhadap Kerusakan Jalan pada Perkerasan Lentur di Jalan Syekh Abdul Muhyi Kecamatan Kawalu Kota Tasikmalaya, p. 6.

Kurrahman, T. (2021) 'Analisa kerusakan jalan berdasarkan metode bina marga', *JURNAL ILMU - ILMU TEKNIK - SISTEM*, 17(September).
<https://doi.org/10.37303/sistem.v17i1.206>.

Morisca, W. (2014) Evaluasi Beban Kendaraan Terhadap Derajat Kerusakan Dan Umur Sisa Jalan (Studi Kasus: Ppt. Simpang Nibung Dan Ppt. Merapi Sumatera Selatan), *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(4), 692-699.

Nurtjahjaningtyas, I. (2023) korelasi modulus elastisitas light weight deflectometer dan california bearing ratio, *Jurnal Berkala FSTPT*, 2, No. 3, 2024, 676-685

Pandey, S. V (2013) Kerusakan Jalan Daerah Akibat Beban Overloading, *Tekno Sipil*, 11(58), pp. 1-8.

Putranto, N.B.D. (2017) *Penilaian Struktural Jalan Menggunakan Alat Light Weight Deflectometer (Studi Kasus: Ruas Jalan Klamong-Tempel Km 21+000-23+000 Kec. Moyudan, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta)*, pp. 2-12.

Rosyidi, S.A.P., Wukirasih, N. and Siegfried, S. (2022) Menentukan Modulus Elastisitas Stabilisasi Subgrade Berbasis Defleksi, *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 18(1), p. 1.
<https://doi.org/10.25077/jrs.18.1.1-16.2022>.

Siregar, A.A. and Cassiophea, L. (2022) The Effect of Vehicle Volume on Damage To Pine Road in Palangka Raya City, *PARENTAS: Jurnal Mahasiswa Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 8(1), pp. 1-9.
<https://doi.org/10.37304/parentas.v8i1.4364>.

Syafier, S. (2019) Penggunaan Light Weight Deflectometer Pusjatan Untuk Quality Control Pekerjaan Pemadatan Tanah Dasar, *Jurnal Tiarsie*, 15(2).
<https://doi.org/10.32816/tiarsie.v15i2.35>.

Wibowo, E. (2019) *Evaluasi Kerusakan Jalan Menggunakan Alat Light Weight Deflectometer (Lwd) Untuk Keperluan Rehabilitasi Dan Pemeliharaan*, (2019).