

Pengembangan Perangkat Lunak Perancangan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Metode PD T-05-2005-B Menggunakan Borland Delphi

KAMALUDIN^{1*}, MUHAMMAD FIKRI ABDILLAH²

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

Email: kamal.itenas@itenas.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan lapis tambah pada perkerasan jalan adalah upaya untuk memperbaiki kondisi fungsional dan struktural, karena perkerasan jalan memiliki masa pakai yang terbatas. Seiring bertambahnya usia, kondisi jalan akan semakin buruk hingga memerlukan rehabilitasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat lunak tebal lapis tambah bernama "OVRL" dengan mengikuti pedoman Pd T-05-2005-B menggunakan metode lendutan yang melibatkan alat Benkelman Beam (BB) dan alat Falling Weigh Deflectometer (FWD) yang dibuat dengan Borland Delphi. Perangkat lunak OVRL dapat digunakan sebagai pendamping Pd T-05-2005-B untuk mempercepat proses perhitungan karena seluruh tahap perhitungan telah tersedia dalam perangkat lunak tersebut. Analisis menggunakan perangkat lunak dapat mengurangi waktu dan kesalahan manusia dalam proses perhitungan yang kompleks. Hasil perhitungan menggunakan perangkat lunak OVRL memiliki tingkat kemungkinan kesalahan yang sangat kecil dengan rentang keyakinan 95%. Ini akan membantu mengurangi kemungkinan kesalahan manusia dalam proses perhitungan.

Kata kunci: lapis tambah, perkerasan jalan, rehabilitasi, Borland Delphi, metode lendutan, perangkat lunak OVRL

ABSTRACT

The use of additional layers on road pavement is an effort to improve the functional and structural conditions, as road pavements have a limited lifespan. As the age increases, the condition of the road will deteriorate to the point where rehabilitation is needed. This study aims to develop the "OVRL" software for calculating the thickness of the additional pavement layers, following the guidelines of Pd T-05-2005-B using the deflection method involving Benkelman Beam (BB) and Falling Weight Deflectometer (FWD) equipment created using Borland Delphi. OVRL software can be used as a companion to Pd T-05-2005-B to speed up the calculation process because all calculation steps are available in the software. The analysis using the software can reduce time and human errors in complex calculation processes. The results of the OVRL software calculations have a very small probability of error with a 95% confidence interval estimate. This will help reduce the possibility of human errors in the calculation process.

Keywords: overlay, pavement, rehabilitation, Borland Delphi, deflection method, OVRL software

1. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan yang terus-menerus dilalui kendaraan akan mengalami tegangan dan dapat mengalami kerusakan pada strukturnya. Untuk memperbaiki kondisi perkerasan, overlay dapat dilakukan untuk memperbaiki fungsi dan struktur perkerasan. Kelayakan struktural perkerasan dapat ditentukan dengan dua cara, yaitu secara destruktif dan non-destruktif [1]. Untuk mendesain tebal lapis tambah (*overlay*), pedoman yang digunakan adalah Pd T-05-2005-B dengan metode lendutan yang melibatkan alat *Benkelman Beam* (BB) dan alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD) [2]. Namun, perangkat lunak yang dibuat oleh Gusmalawati (2016) hanya dapat melakukan analisis dengan alat Benkelman Beam dan tidak dapat melakukan perhitungan untuk alat FWD dan lalu lintas [3]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat lunak tersebut dengan menambahkan fitur perhitungan untuk FWD, lalu lintas, dan impor data pengujian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tebal Lapis Tambah

Lapis tambah atau *overlay* adalah sebuah proses pengerjaan yang bertujuan untuk memperkuat permukaan perkerasan lama yang telah mengalami kerusakan struktural atau distress dengan menambahkan lapisan baru pada bagian paling atas konstruksi perkerasan [9] [6] [7] [10] [11]. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kembali kekuatan struktur agar dapat melayani lalu lintas selama umur rencana serta meningkatkan tingkat pelayanan perkerasan lentur. Bahan pengikat yang sering digunakan dalam proses ini adalah bahan pengikat modifikasi, meskipun penggunaannya terbatas pada ketersediaan sumber daya kontraktor dan keahlian yang diperlukan untuk mengaplikasikannya. Aspal modifikasi dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan kualitas lapisan tambah, namun penggunaannya tergantung pada ketersediaan sumber daya kontraktor dan keahlian yang dibutuhkan.

2.2 Metode Perhitungan Overlay Pd T-05-2005-B

Perhitungan tebal lapis tambahan pada perkerasan, beberapa data yang diperlukan antara lain:

- a. Lokasi jalan yang akan dilakukan *overlay*.
- b. Informasi mengenai lalu lintas pada lajur tersebut dengan memperhitungkan umur rencana dari perkerasan.
- c. Informasi mengenai tebal dan jenis lapis beraspal yang akan digunakan.
- d. Keterangan mengenai musim pada saat pengujian dilakukan.
- e. Data hasil pengukuran lendutan.

Ketika melakukan perhitungan, penting untuk memperhitungkan semua data yang diperlukan untuk memastikan overlay yang dilakukan dapat memberikan hasil yang optimal.

2.3 Borland Delphi

Kelebihan program delphi bagi penggunaannya, seperti IDE (*Integrated Development Environment*) perangkat lunak sendiri adalah satu dari beberapa keunggulan Delphi serta menu-menu yang memudahkan kita untuk membuat aplikasi. Yang memiliki bagian – bagian sebagai berikut:

1. *Main menu*.
2. *Toolbar*.
3. *Object tree view*.
4. *Object inspector*.

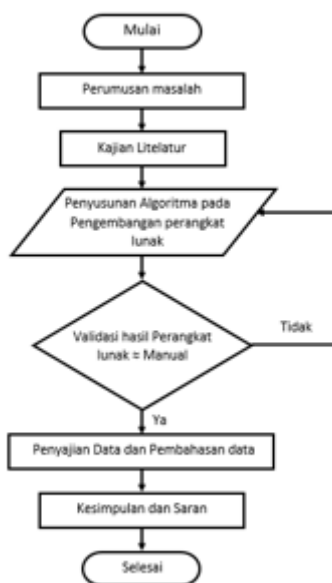
5. *Form designer.*
6. *Component palette.*
7. *Code editor.*
8. *Code explorer.*

2.4 Posisi Penelitian

Gusmalawati (2016) melakukan penelitian dengan topik Pembangunan Perangkat Lunak Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan [3]. Pada penelitian tersebut menggunakan Studi Kasus Jalan Karangjati dan Bangunjiwo – Bibis dengan metode penelitian Metode *Benkelman Beam* (BB) Pd T-05-2005-B. Penelitian ini melanjutkan penelitian sebelumnya menghasilkan perangkat lunak yang dapat menghitung tebal lapis tambah dengan alat *Benkelman Beam*. Peneliti akan mengembangkan perangkat lunak tersebut dengan menggunakan basis Borland Delphi yang dapat melakukan analisis lalu lintas, perhitungan tebal lapis tambah alat *Benkelman Beam* dan alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD).

3. METODE PENELITIAN

Metode dan rencana kerja yang akan dilakukan mengacu pada ruang lingkup penelitian. Bagan alir penelitian ditunjukkan pada **Gambar 1**.



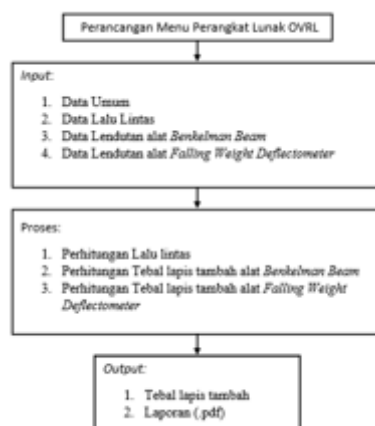
Gambar 1. Bagan alir penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Data yang diambil adalah data lalu lintas dan lendutan perkerasan lentur. Data ini akan digunakan untuk menganalisis kondisi permukaan jalan diambil dari Bina Marga BPJN Sulawesi Utara, Tahun 2019 sebagai data sekunder.

3.2 Pemodelan dan Pengembangan Perangkat Lunak

Pada tahapan ini, pemodelan tampilan perangkat lunak akan dilakukan sebagai awal pembentukan perangkat lunak. Pengembangan yang dilakukan ialah menambahkan fitur yang tidak ada pada perangkat lunak penelitian terdahulu, seperti perhitungan lalu lintas, dan perhitungan alat *Benkelman Beam*. untuk mempersingkat proses perhitungan peneliti juga menambahkan fitur *import data*.



Gambar 2. Perancangan menu perangkat lunak OVRL

3.3 Algoritma Perhitungan Perangkat Lunak

Untuk memahami algoritma dengan mudah, maka peneliti menggunakan *flowcart*. Oleh karena itu, algoritma dalam pembangunan perangkat lunak ini antara lain:

1. Mengaktifkan Borland Delphi.
2. Desain tampilan (*toolbar*, *input* data, analisis lalu lintas, analisis lendutan alat Benkelman Beam, analisis lendutan alat Falling Weight Deflectometer, analisis tebal *overlay*).
3. *Input* data.
4. Proses *running*.
5. Proses penyelesaian berupa hitungan.
6. *Output* hasil perhitungan berupa laporan.
7. *Print* hasil *output*.

3.4 Analisis Data

Pada tahap analisis data [4] [5] dibuat menjadi tiga tahap secara manual dan secara otomatis dengan menggunakan dua alat, yaitu:

1. Lalu lintas.
2. Alat *Benkelman Beam*.
3. Alat *Falling Weight Deflectometer*.

3.5 Validasi Perangkat Lunak

Proses ini dilakukan agar dapat menentukan apakah algoritma yang sudah disusun bisa digunakan pada tahap lanjut atau masih harus diperbaiki, dapat dilihat dari perbandingan angka yang didapatkan oleh perhitungan manual dan perhitungan perangkat lunak OVRL.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengembangan Perangkat Lunak

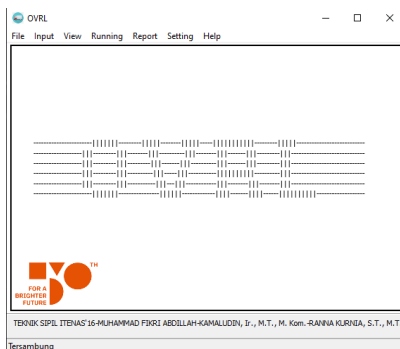
Perangkat lunak ini dibuat hasil *output* simulasi perangkat lunak, kemudian hasil dari perangkat lunak dibandingkan dengan hasil perhitungan manual. fitur yang dikembangkan dari perangkat lunak penelitian terdahulu adalah ditambahkannya perhitungan lalu lintas dan perhitungan dengan alat *Falling Weight Deflectometer*.

Berikut ini adalah tahapan pembuatan perangkat lunak OVRL:

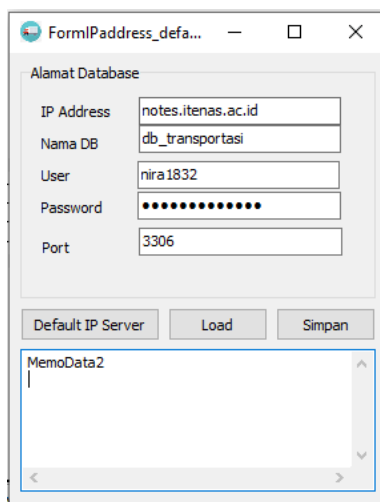
1. Pembuatan *interface* (**Gambar 3**).
2. Pembuatan *form* IP Address (**Gambar 4**).
3. Pembuatan *form* data umum (**Gambar 5**).

Pengembangan Perangkat Lunak Perancangan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Metode PD T-05-2005-B Menggunakan Borland Delphi

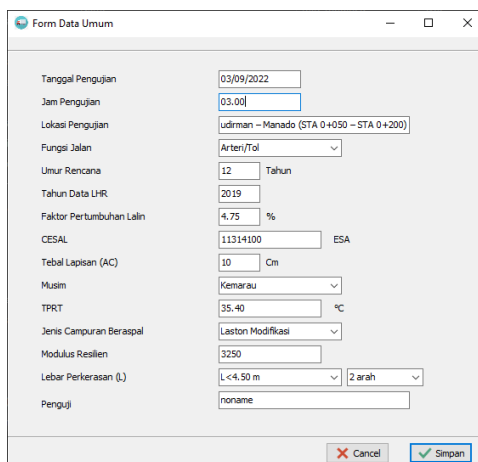
4. Pembuatan *form* data lalu lintas (**Gambar 6**).
5. Pembuatan *form* data *Benkelman Beam* (**Gambar 7**).
6. Pembuatan *form* data *Falling Weight Deflectometer* (**Gambar 8**).
7. Pembuatan *form calculation* lalu lintas (**Gambar 9**).
8. Pembuatan *form calculation Benkelman Beam* (**Gambar 10**).
9. Pembuatan *form calculation Falling Weight Deflectometer* (**Gambar 11**).
10. Pembuatan format *import* data Excel (**Gambar 12 hingga Gambar 14**).



Gambar 3. Tampilan *interface* perangkat lunak OVRL



Gambar 4. *Form* IP Address



Gambar 5. *Form* data umum

Form Data Lalu Lintas

Golongan	Uraian Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Volume Kendaraan	STRG-1	STRG-1	STRG-2	STRG-3	STRIG-1	STRIG-2	STRIG-1
No.	Uraian Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	LHR,km/dZarah	STRG-1	STRG-2	STRG-3	STRIG-1	STRIG-2	STRIG-1	STRIG-1
1	Sepeda Motor	0	34918	0	0	0	0	0	0	0
2	2,3,4 Kendaraan Ringan	0	22854	0	0	0	0	0	0	0
3	5A Bus Kecil	1,2	237	3.11069	5.54894	0	0	0	0	0
4	5B Bus Besar	1,2	62	3.37304	6.54786	0	0	0	0	0
5	6A Truk 2 Sumbu - Ringan	1,2	350	6.82103	11.2468	0	0	0	0	0
6	7A Truk 2 Sumbu - Berat	1,2,2	68	5.81547	15.0464	0	0	0	0	0
7	7B1 Truk 3 Sumbu - Tandem	1,2+2,2	0	0	0	0	0	0	0	0
8	7C1 Truk 4 Sumbu - Tandem	1,2,2,2	1	6.33339	12.963	0	0	25.0002	0	0
9	7C2a Truk 4 Sumbu - Trailer	1,2,2,2	0	0	0	0	0	0	0	0

Ubah Update Hapus Refresh Import XLS Format XLS Form Lalu Lintas Download

Gambar 6. Form data lalu lintas

Form Data Benkelman Beam

Stationing	Beban Uji	Lendutan BB d1	Lendutan BB d2	Lendutan BB d3	Temp TU	Temp TP
Stationing	Beban Uji (ton)	Lendutan BB d1 (mm)	Lendutan BB d2 (mm)	Lendutan BB d3 (mm)	Temp TU (°C)	Temp TP (°C)
0+50	8.2	0	0.08	0.2	26.9	30
0+100	8.2	0	0.17	0.29	27.1	30
0+150	8.2	0	0.07	0.15	27.2	30
0+200	8.2	0	0.18	0.29	26.8	30

Ubah Update Hapus Refresh Import XLS Format XLS Form Benkelman Beam Download

Gambar 7. Form data Benkelman Beam

Form Data Falling Weight Deflectometer

Stationing	Tegangan	Beban Uji	Lendutan FWD df1	Temp TU	Temp TP
Stationing	Tegangan (Kpa)	Beban Uji (ton)	Lendutan FWD df1 (mm)	Temp TU (°C)	Temp TP (°C)
0+50	560.508	4.66	0.278	26.9	30
0+100	557.962	4.63	0.41	27.1	30
0+150	583.002	4.65	0.225	27.2	30
0+200	542.966	4.61	0.413	26.8	30

Ubah Update Hapus Refresh Import XLS Format XLS Form Falling Weight Deflectometer Download

Gambar 8. Form data Falling Weight Deflectometer

Pengembangan Perangkat Lunak Perancangan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Metode PD T-05-2005-B Menggunakan Borland Delphi

Golongan	Uraian Kendaraan	Konfiguras Sumbu	LHR	Kategori Kendaraan	STRT-1	STRG-1	STRG-2	STRG-3	STRG-1
1	Sepeda Motor	0	34918	ringan	0	0	0	0	0
2,3,4	Kendaraan Ringan	0	25854	ringan	0	0	0	0	0
5A	Bus Kecil	1.2	237	berat	3.11069	5.54894	0	0	0
5B	Bus Besar	1.2	62	berat	3.37304	6.54766	0	0	0
6A	Truk 2 Sumbu - Ringan	1.2	350	berat	6.82103	13.2408	0	0	0
7A	Truk 2 Sumbu - Berat	1.22	68	berat	5.01547	15.0464	0	0	0
7B1	Truk 3 Sumbu - Tandem	1.2+2.2	0	berat	0	0	0	0	0
7C1	Truk 4 Sumbu - Gandeng	1.2-2.2	1	berat	8.33339	12.963	0	0	25.000
7C2a	Truk 4 Sumbu - Trailer	1.22-2.2	0	berat	0	0	0	0	0

Gambar 9. Form calculation lalu lintas

Lokasi Pengujian : Ruas Jalan Nasional Jendral Sudirman – Manado (STA 0+050 – STA 0+200)

Stationing	Beban Uji (ton)	endutan BB db1 (mm)	endutan BB db 2 (mm)	endutan BB db 3 (mm)
0+50	8.2	0	0.08	0.2

Jumlah : 2.468
 Rata-rata : 0.617
 Jumlah titik (ns) : 4
 Deviasi standard (s) : 0.185
 Faktor Keseragaman : 29.98 %
 ket Keseragaman : keseragaman cukup baik
 D Wakil : 0.987 mm
 D Rencana : 0.524 mm

Tebal lapis tambah (Ho) : 11.207 cm
 Koreksi Tebal lapis tambah (Fo) : 1.000
 Jenis Campuran : Laston
 Tebal lapis tambah terkoreksi (Ht) : 11.207 cm

Gambar 10. Form calculation Benkelman Beam

Lokasi Pengujian : Ruas Jalan Nasional Jendral Sudirman – Manado (STA 0+050 – STA 0+200)

Stationing	Tegangan (kpa)	Beban Uji (ton)	Lendutan FWD 1 (mm)	TempTU (°C)	TempTP (°C)
0+50	560.508	4.66	0.278	26.9	30
0+100	557.962	4.63	0.41	27.1	30
0+150	583.002	4.65	0.225	27.2	30
0+200	542.966	4.61	0.413	26.8	30

Deviasi standard (s) : 0.114
 Faktor Keseragaman : 29.076 %
 ket Keseragaman : keseragaman cukup baik
 D Wakil : 0.619 mm
 D Rencana : 0.401 mm

Tebal lapis tambah (Ho) : 7.870 cm
 Koreksi Tebal lapis tambah (Fo) : 1.000
 Jenis Campuran : Laston
 Tebal lapis tambah terkoreksi (Ht) : 7.870 cm

Gambar 11. Form calculation Falling Weight Deflectometer

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Gol	Uraian	Konfigurasi Sumbu	LHR	STRT-1	STRG-1	STRG-2	STRG-3	STRG-1	STRG-2	STRG-1
1	Sepeda Motor	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,3,4	Kendaraan Ringan	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5A	Bus Kecil	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0
5B	Bus Besar	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0
6A	Truk 2 Sumbu - Ringan	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0
7A	Truk 2 Sumbu - Berat	1.22	0	0	0	0	0	0	0	0
7B1	Truk 3 Sumbu - Tandem	1.2+2.2	0	0	0	0	0	0	0	0
7C1	Truk 4 Sumbu - Gandeng	1.2-2.2	0	0	0	0	0	0	0	0
7C2a	Truk 4 Sumbu - Trailer	1.22-2.2	0	0	0	0	0	0	0	0
7C2b	Truk 5 Sumbu - Trailer	1.2-2.2	0	0	0	0	0	0	0	0
7C2b	Truk 5 Sumbu - Trailer	1.2-2.2	0	0	0	0	0	0	0	0
7C3	Truk 6 Sumbu - Trailer	1.22-2.22	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 12. Form .XLS input data lalu lintas

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	stationing	Beban Uji (ton)	Lendutan BB db1 (mm)	Lendutan BB db2 (mm)	Lendutan BB db3 (mm)	Temp TU (°C)	Temp TP (°C)	
2								
3								
4								
5								

Gambar 13. Form .XLS input data alat Benkelman Beam

	A	B	C	D	E	F
	Stationing	Tegangan (Kpa)	Beban Uji (ton)	Lendutan FWD df1 (mm)	Temp TU (°C)	Temp TP (°C)

Gambar 14. Form .XLS input data alat Falling Weight Deflectometer

4.2 Hasil Analisis Manual dan Perangkat Lunak OVRL

Hasil penghitungan manual dan menggunakan perangkat lunak OVRL yang menunjukkan data pengujian lendutan bisa dilihat pada **Tabel 1 hingga Tabel 3** berikut.

Tabel 1. Perbandingan Perhitungan Lalu Lintas

Data Ruas	Hasil Perhitungan Manual	Hasil Perhitungan Perangkat Lunak OVRL	Selisih
Ruas Jalan Nasional Jenderal Sudirman – Manado di STA 0+50 – 0+200			
Nilai C	0,45	0,45	0
Nilai N	16,061	16,061	0
Akumulasi Beban Sumbu Standar (CESA)	11.314.071,5	11.314.071,5	0

Tabel 2. Perbandingan Perhitungan Tebal Lapis Tambah Alat Benkelman Beam

Data Ruas	Hasil Perhitungan Manual	Hasil Perhitungan Perangkat Lunak OVRL	Selisih
Ruas Jalan Nasional Jenderal Sudirman – Manado di STA 0+50 – 0+200			
Jumlah Keseluruhan Nilai Lendutan	2,467	2,468	0,001
Lendutan Rata-rata	0,617	0,617	0,000
Jumlah Titik Pemeriksaan	4	4	0,000
Deviasi Standar	0,185	0,185	0,000
Faktor Keseragaman	29,98%	29,98%	0,000
Lendutan Wakil	0,986	0,987	0,001
Lendutan Rencana	0,524	0,524	0,000
Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah	1,000	1,000	0,000
Tebal Lapis Tambah Terkoreksi	11,204	11,207	0,003

Tabel 3. Perbandingan Perhitungan Tebal Lapis Tambah Alat Falling Weight Deflectometer

Data Ruas	Hasil Perhitungan Manual	Hasil Perhitungan Perangkat Lunak OVRL	Selisih
Ruas Jalan Nasional Jenderal Sudirman – Manado di STA 0+50 – 0+200			
Jumlah Keseluruhan Nilai Lendutan	1,565	1,566	0,001
Lendutan Rata-rata	0,391	0,392	0,000
Jumlah Titik Pemeriksaan	0,114	0,114	0,000
Deviasi Standar	4	4	0,000
Faktor Keseragaman	29,07%	29,07%	0,000
Lendutan Wakil	0,619	0,619	0,000
Lendutan Rencana	0,401	0,401	0,000
Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah	1,000	1,000	0,000
Tebal Lapis Tambah Terkoreksi	7,869	7,870	0,001

4.3 Validasi Perhitungan

Dalam proses validasi perhitungan, contoh kasus data adalah data lalu lintas, data pengukuran menggunakan alat *Benkelman Beam*, dan data pengukuran menggunakan alat *Falling Weight Deflectometer* pada ruas jalan nasional Jendral Sudirman-Manado [10]. Meskipun terdapat selisih antara hasil perhitungan manual dan menggunakan perangkat lunak, selisih tersebut masih dalam batas toleransi yang dapat diterima. Untuk memperkuat hal ini, dilakukan pendugaan interval kepercayaan (*confidence interval*). Untuk sampel lebih kecil ($n < 30$) menggunakan distribusi t yang variabelnya standar (distribusi standar). Sudaryono (2012) memberikan **Persamaan 1** berikut [8].

$$\bar{x} - t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \dots(2)$$

dengan keterangan:

- \bar{x} = rata-rata sampel,
- t_{α} = nilai tabel t ,
- s = simpangan baku,
- n = jumlah data.

Adapun data yang digunakan untuk perhitungannya dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Data Validasi Perhitungan

Sampel	Nilai	Sampel	Nilai
X ₁	0,001	X ₁₀	0,001
X ₂	0,000	X ₁₁	0,000
X ₃	0,000	X ₁₂	0,000
X ₄	0,000	X ₁₃	0,000
X ₅	0,000	X ₁₄	0,000
X ₆	0,001	X ₁₅	0,001
X ₇	0,000	X ₁₆	0,000
X ₈	0,000	X ₁₇	0,000
X ₉	0,003	X ₁₈	0,001

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{0,007}{18} = 0,000389$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = 0,000778$$

Akan digunakan selang kepercayaan 95%, sehingga

$$1 - \alpha = 95\%$$

$$\alpha = 5\% = 0,05$$

$$d_b = n - 1 = 18 - 1 = 17$$

Dari **Tabel 5** Distribusi t [8], diperoleh:

$$t_{\alpha/2} = t_{0,025} = 2,1098$$

Maka,

$$P\left(\bar{x} - t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}\right)$$

$$P(0,00000211256 < \mu < 0,00077588744)$$

Dalam penelitian ini, dengan menggunakan selang kepercayaan 95%, didapatkan selisih antara perhitungan manual dan perhitungan menggunakan perangkat lunak OVRL. Kemungkinan error dari perhitungan tersebut berkisar antara 0,00000211256 hingga 0,0007758874.

Tabel 5. Distribusi t

θ	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1
1	63,6567	31,8205	12,7062	6,3138	3,0777
2	9,9248	6,9646	4,3027	2,9200	1,8856
3	5,8409	4,5407	3,1824	2,3534	1,6377
4	4,6041	3,7469	2,7764	2,1318	1,5332
5	4,0321	3,3649	2,5706	2,0150	1,4759
6	3,7074	3,1427	2,4469	1,9432	1,4398
7	3,4995	2,9980	2,3646	1,8946	1,4149
8	3,3554	2,8965	2,3060	1,8595	1,3968
9	3,2498	2,8124	2,2622	1,8331	1,3830
10	3,1693	2,7638	2,2281	1,8125	1,3722
11	3,1058	2,7181	2,2010	1,7959	1,3634
12	3,0545	2,6810	2,1788	1,7823	1,3562
13	3,0123	2,6503	2,1604	1,7709	1,3502
14	2,9768	2,6245	2,1448	1,7613	1,3450
15	2,9467	2,6025	2,1314	1,7531	1,3406
16	2,9208	2,5835	2,1199	1,7459	1,3368
17	2,8982	2,5669	2,1098	1,7396	1,3334
18	2,8784	2,5524	2,1009	1,7341	1,3304
19	2,8609	2,5395	2,0930	1,7291	1,3277
20	2,8453	2,5280	2,0860	1,7247	1,3253
21	2,8314	2,5176	2,0796	1,7207	1,3232
22	2,8188	2,5083	2,0739	1,7171	1,3212
23	2,8073	2,4999	2,0687	1,7139	1,3195
24	2,7969	2,4922	2,0639	1,7109	1,3178
25	2,7874	2,4851	2,0595	1,7081	1,3163
26	2,7787	2,4786	2,0555	1,7056	1,3150
27	2,7707	2,4727	2,0518	1,7033	1,3137
28	2,7633	2,4671	2,0484	1,7011	1,3125
29	2,7564	2,4620	2,0452	1,6991	1,3114
30	2,7500	2,4573	2,0423	1,6973	1,3104

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan perangkat lunak untuk perancangan lapis tambah perkerasan lentur dengan metode PD T-05-2005-B menggunakan Borland Delphi, bisa disimpulkan yaitu:

1. Perangkat lunak OVRL bisa digunakan sebagai pendamping untuk melakukan proses perhitungan, karena seluruh tahapan perhitungan yang terdapat pada pedoman telah tersedia di dalam perangkat lunak OVRL, seperti perhitungan lalu lintas, perhitungan menggunakan alat Benkelman Beam, dan perhitungan menggunakan alat *Falling Weight Deflectometer*.
2. Penggunaan perangkat lunak OVRL dapat mempersingkat dan mempermudah proses perhitungan, dibandingkan dengan melakukan perhitungan secara manual dengan jumlah data yang banyak.
3. Hasil perhitungan menggunakan perangkat lunak OVRL memiliki nilai kemungkinan error yang sangat kecil dengan pendugaan interval 95%, sehingga dapat mengurangi kemungkinan kesalahan manusia pada saat melakukan proses perhitungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan rezeki, kesehatan jasmani dan rohani sehingga penelitian ini dapat disusun dengan baik. Penulis juga berterima kasih kepada Bapak Imam Aschuri, Dr., Ir., M.T. dan Bapak Barkah Wahyu Widiyanto, S.T., M.T. yang telah memberikan waktu dan kritik serta saran yang membangun. Terima kasih juga kepada Bapak Ranna Kurnia, S.T., M.T. dan Muhammad Fikri atas bantuan mereka dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Affandi, F. (2018). *Pengujian Kekuatan Struktur Perkerasan Berdasarkan Lendutan dengan Benkelman Beam dan Falling Weight Deflectometer*. Bandung: Pusjatan.
- [2] Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Pd T-05-2005 tentang Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metoda Lendutan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- [3] Gusmalawati, P. (2016). *Pembangunan Perangkat Lunak Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Tambahan Metode Benkelman Beam (BB) Menggunakan Aplikasi VBA-Excel. Tugas Akhir*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik - Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum. (2011). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- [5] Kementerian PUPR Dirjen Bina Marga. (2017). *Manual Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017*. Jakarta: Kementerian PUPR Dirjen Bina Marga.
- [6] Pangerapan, Linny, M., Sendow, T.K. & Elisabet, L. (2018). Studi Perbandingan Perencanaan Tebal Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur Menurut Metode Pd T-05-2005-B dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 (Studi Kasus: Ruas Jalan Bts. Kota Manado - Tomohon). *Jurnal Sipil Statik*, 10, 823-834.
- [7] Romauli, Dwiriani, T., Waani, J.E. & Sendow, T.K. (2016). Analisis Perhitungan Tebal Lapis Tambahan (Overlay) pada Perkerasan Lentur dengan Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 (Studi Kasus: Ruas Jalan Kairagi - Mapanget). *Jurnal Sipil Statik*, 4(12), 749-749.
- [8] Sudaryono. (2012). *Statistika Probabilitas: Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [9] Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: NOVA.
- [10] Toding, R.B., Sendow, T.K. & Lalamentik, L.G.J. (2021). Perbandingan Desain Tebal Perkerasan Lentur Lapis Tambah (Overlay) dengan Metode Bina Marga Revisi Juni 2017 Menggunakan Data Lendutan BB dan AASHTO 1993 Menggunakan Data Lendutan FWD. *Jurnal Sipil Statik*, 9(4), 657-668.
- [11] Wahyudi, D., Pratomo, P. & Ali, H. (2016). Analisis Perencanaan Tebal Lapis Tambah (Overlay) Cara Lendutan Balik dengan Metode Pd-T-05-2005-B dan Pedoman Interim No. 002/P/BM/2011B. *Journal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSDD)*, 4(1), 137-152.