

**Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur
Dengan Metode Lendutan Balik Menggunakan Alat *Benkelman Beam*
Studi Kasus : Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri)
Sta. 7+000 – Sta. 9+000, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa
Yogyakarta**

*The Planning of Overlay for Flexible Pavement
by Rebound Deflection Method Using Benkelman Beam Tool
Case Study : Yogyakarta–Barongan (Imogiri) Street
Sta. 7+000 – Sta. 9+000, Bantul Regency, Special Region of Yogyakarta*

Petrus Sudibyo, Anita Rahmawati, Emil Adly
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Ruas jalan Yogyakarta–Barongan (Imogiri) yang berada di wilayah Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu jalan provinsi yang berfungsi sebagai jalan kolektor primer dengan tingkat pembebanan lalu lintas yang cukup tinggi. Penurunan kinerja pelayanan pada ruas jalan tersebut ditandai dengan adanya kerusakan fisik pada sebagian permukaan perkerasan jalan. Penanganan dengan tebal lapis tambah adalah pilihan yang paling tepat untuk meningkatkan kinerja pelayanan jalan, karena dari segi fungsional dapat memberikan kenyamanan dalam berkendara kepada pengguna jalan dengan menciptakan permukaan perkerasan yang lebih halus dan rata. Disamping itu dilihat dari segi struktural penggunaan tebal lapis tambah dapat meningkatkan kekuatan perkerasan jalan sehingga dapat mencegah kerusakan serius dimasa yang akan datang. Metode analisis data pada penelitian ini merupakan metode lendutan balik menggunakan alat *Benkelman Beam* dengan mengacu pada pedoman Pd T-05-2005-B yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga dibawah naungan Departemen Pekerjaan Umum. Berdasarkan hasil analisis data dan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai lendutan balik yang menggambarkan keadaan struktur perkerasan (D_{wakil}) untuk segmen I (Sta. 7+000 – Sta. 7+500), segmen II (Sta. 7+600 – Sta. 8+400) dan segmen III (Sta. 8+500 – Sta. 9+000) masing-masing adalah sebesar 0,834817 mm, 0,747598 mm dan 0,933085 mm. Oleh karena itu, tebal lapis tambah yang direkomendasikan untuk segmen I sebesar 5 cm, segmen II sebesar 4 cm dan segmen III sebesar 7 cm, dengan jenis lapis tambah berupa Laston (AC-BC) yang memiliki nilai Modulus Resilient (MR) sebesar 2000 MPa dan Stabilitas Marshall sebesar 800 Kg.

Kata Kunci : Tebal Lapis Tambah, Lendutan Balik, *Benkelman Beam*

Abstrack. *Yogyakarta–Barongan (Imogiri) Street located in the Bantul Regency, Special Region of Yogyakarta is one of the provincial roads which functions as a primary collector road with a high level of traffic loads. The decrease in road performance is indicated by physical damage to some pavement surfaces. Overlay treatment is the best choice to improve road performance, because in terms of functionality it can provide comfort for the users to drive by creating a smoother and flat pavement surface. On the other hand, from structural point of view, overlay treatment can increase the strength of road pavement, which can prevent serious damage in the future. The data analysis method in this study is rebound deflection method using Benkelman Beam tool by referring to the Pd T-05-2005-B guidelines, issued by the Direktorat Jenderal Bina Marga under the auspices of the Departemen Pekerjaan Umum. Based on analysis data results and calculations that have been done, rebound deflection value which represent the condition of pavement structure ($D_{\text{representative}}$) for segment I (Sta. 7+000 – Sta. 7+500), segment II (Sta. 7+600 – Sta. 8+400) and segment III (Sta. 8+500 – Sta. 9+000) were 0,834817 mm, 0,747598 mm and 0,933085 mm. Therefore, the recommended overlay for segment I is 5 cm, segment II is 4 cm and segment III is 7 cm, with the type of overlay layer is Asphalt Concrete (AC-BC) which has a value for Modulus Resilient (MR) of 2000 MPa and Marshall Stability of 800 Kg.*

Keywords : *Overlay, Rebound Deflection, Benkelman Beam*

1. Pendahuluan

Ruas jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri) yang berada di wilayah Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu jalan provinsi yang berfungsi sebagai jalan kolektor primer dengan tingkat pembebanan lalu lintas yang cukup tinggi. Penurunan kinerja pelayanan pada ruas jalan tersebut ditandai dengan adanya kerusakan fisik pada sebagian permukaan perkerasan jalan. Oleh karena itu mutlak diperlukan suatu aktivitas pemeliharaan dan perbaikan yang dilakukan secara sistematis dan berkala guna meningkatkan kinerja pelayanan jalan yang menurun, sehingga kembali dalam kondisi mantap dan prima serta dapat memberikan pelayanan lalu lintas yang optimal kepada pengguna jalan selama kurun waktu yang akan datang. Penanganan dengan menggunakan tebal lapis tambah merupakan pilihan yang paling tepat, karena dari segi fungsional dapat memberikan kenyamanan dalam berkendara kepada pengguna jalan dengan menciptakan permukaan perkerasan yang lebih halus dan rata. Disamping itu dilihat dari segi struktural penggunaan tebal lapis tambah dapat meningkatkan kekuatan perkerasan jalan sehingga dapat mencegah kerusakan serius dimasa yang akan datang.

Wibowo (2001) menyatakan bahwa pada dasarnya setiap struktur perkerasan jalan akan mengalami proses perusakan secara progresif sejak jalan pertama kali dibuka untuk lalu lintas. Hal yang sama diungkapkan oleh Mayank dkk. (2013) yang menyebutkan bahwa semua infrastuktur memiliki masa layan yang pasti, dengan kata lain semua struktur yang dirancang akan gagal pada suatu titik tertentu, tetapi umur dari suatu struktur ditentukan oleh aktivitas pemeliharaan dan perbaikan. Terdapat empat tantangan utama terhadap kinerja aset jalan di Indonesia antara lain yaitu beban berlebih, temperatur perkerasan tinggi, curah hujan tinggi, dan tanah lunak (Romauli dkk., 2016). Sedangkan menurut Bhimani dan Shrinkar (2017) disebutkan bahwa tingkatan penurunan kinerja pelayanan struktur pada perkerasan lentur dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti stabilitas struktur perkerasan dan komponen lapisan yang ada, besarnya beban roda lalu lintas, pertumbuhan lalu lintas, efektifitas fungsi sistem drainase perkerasan

dan perubahan iklim serta berbagai faktor lingkungan lainnya. Birasungi (2019) menyatakan bahwa perlu adanya pemeliharaan maupun rehabilitasi untuk mempertahankan kondisi jalan agar tetap berfungsi secara optimal melayani lalu lintas selama umur rencana jalan yang ditetapkan.

Pemilihan metode perencanaan yang tepat menjadi faktor yang harus dipertimbangkan sebelum menentukan lapis tambah perkerasan lentur. Menurut Suaryana dan Anggodo (2007) disebutkan bahwa perencanaan yang tidak tepat dapat menyebabkan jalan cepat rusak (*under design*) atau konstruksi tidak ekonomis (*over design*). Salah satu pedoman yang paling akurat dan efisien adalah Pedoman Perencanaan Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan Pd T-05-2005-B yang menggunakan nilai lendutan balik dari hasil pengujian langsung dilapangan menggunakan alat *Benkelman Beam*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai lendutan balik yang menggambarkan keadaan struktur perkerasan pada ruas jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), sebagai parameter utama dalam menentukan tebal lapis tambah (*overlay*) guna mengakomodasi tingginya pertumbuhan dan pembebanan lalu lintas.

Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur

Penilaian terhadap kekuatan struktur dan perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur didasarkan atas nilai lendutan balik yang diperoleh dari hasil pengujian di lapangan dengan menggunakan alat *Benkelman Beam*. Nilai lendutan balik dari hasil pengujian akan dijadikan sebagai salah satu parameter utama dalam menentukan tebal lapis tambah (*overlay*) dengan mengacu pada Pedoman Perencanaan Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan Pd T-05-2005-B.

Adapun tahapan-tahapan analisis yang harus dilakukan antara lain sebagai berikut:

a. Analisis Lalu Lintas

1) Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan

Nilai koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat

pada lajur rencana ditentukan menggunakan tabel (1) sebagai berikut:

Tabel 1 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

| Jumlah Lajur | Kendaraan Ringan* | | Kendaraan Berat** | |
|--------------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| | Satu Arah | Dua Arah | Satu Arah | Dua Arah |
| 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2 | 0,60 | 0,50 | 0,70 | 0,50 |
| 3 | 0,40 | 0,40 | 0,50 | 0,475 |
| 4 | - | 0,30 | - | 0,45 |
| 5 | - | 0,25 | - | 0,425 |
| 6 | - | 0,20 | - | 0,40 |

Keterangan: * = Mobil Penumpang
** = Truk dan Bus

2) Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan

Nilai ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu kendaraan ditentukan dengan menggunakan persamaan (1), (2), (3) dan (4) sebagai berikut:

$$E_{STRT} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (Ton)}}{5,40} \right]^4 \dots\dots\dots(1)$$

$$E_{STRG} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (Ton)}}{8,26} \right]^4 \dots\dots\dots(2)$$

$$E_{SDRG} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (Ton)}}{5,40} \right]^4 \dots\dots\dots(3)$$

$$E_{STrRG} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (Ton)}}{5,40} \right]^4 \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- E = Ekuivalen Beban Sumbu Standar
- STRT = Sumbu Tunggal Roda Tunggal
- STRG = Sumbu Tunggal Roda Ganda
- SDRG = Sumbu *Dual* Roda Ganda
- STrRG = Sumbu *Triple* Roda Ganda

3) Faktor Umur Rencana dan Perkembangan Lalu Lintas

Nilai faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas (N) ditentukan dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut:

$$N = \frac{1}{2} \left[1 + (1 + r)^n + 2(1 + r) \frac{(1+r)^{n-1} - 1}{r} \right] \dots\dots(5)$$

Keterangan:

- N = faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas
- r = Perkembangan lalu lintas (%)
- n = Umur rencana (tahun)

4) Akumulasi Ekuivalen Beban Sumbu Standar

Nilai akumulasi beban sumbu lalu lintas (CESA) selama umur rencana ditentukan dengan menggunakan persamaan (6) sebagai berikut:

$$CESA = \sum m \times 365 \times E \times C \times N \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

CESA = Akumulasi ekuivalen beban sumbu standar (ESA)

m = Jumlah masing-masing jenis kendaraan

365 = Jumlah hari dalam satu tahun

E = Ekuivalen beban sumbu

C = Koefisien distribusi kendaraan

N = Faktor hubungan umur rencana dengan perkembangan lalu lintas

b. Analisis Lendutan

1) Lendutan Balik

Nilai lendutan balik (d_B) ditentukan dengan menggunakan persamaan (7) sebagai berikut:

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times Ft \times Ca \times FK_{B-BB} \dots\dots(7)$$

Keterangan:

d_B = Lendutan balik (mm)

d_1 = Lendutan pada saat beban berada pada titik pengukuran (mm)

d_3 = Lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran (mm)

Ft = Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 35° C yang nilainya ditentukan menggunakan persamaan (8) dan (9) sebagai berikut:

$$Ft = 4,184 \times T_L^{-0,4025} \text{ untuk } H_L < 10 \text{ cm} \dots\dots\dots(8)$$

$$Ft = 14,785 \times T_L^{-0,7573} \text{ untuk } H_L \geq 10 \text{ cm} \dots\dots\dots(9)$$

$$T_L = \frac{1}{3} (T_p + T_t + T_b) \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan:

H_L = Ketebalan lapis beraspal

T_L = Temperatur lapis beraspal

T_p = Temperatur permukaan lapis beraspal

T_t = Temperatur tengah lapis beraspal

T_b = Temperatur bawah lapis beraspal

Ca = Faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)
 = 1,20 ; musim kemarau atau muka air tanah rendah
 = 0,9 ; musim hujan atau muka air tinggi

FK_{B-BB} = Faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam* (BB)
 = 77,343 × [(beban uji(T))^(-2,0715) ... (11)

2) Keseragaman Lendutan

Nilai faktor keseragaman (FK) ditentukan dengan menggunakan persamaan (12) sebagai berikut:

$$FK = \frac{s}{d_R} \times 100\% < FK_{ijin} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

FK = Faktor keseragaman lendutan (%)
 FK_{ijin} = Faktor keseragaman yang diijinkan
 = 0% – 10% ; Sangat baik
 = 11% – 20% ; Baik
 = 21% – 30% ; Cukup baik

d_R = Lendutan rata-rata suatu seksi jalan
 = $\sum_{\frac{1}{n_s}}^{n_s} d \dots\dots\dots(13)$

s = Standar deviasi (simpangan baku)
 = $\sqrt{\frac{n_s [\sum_1^{n_s} d^2] - [\sum_1^{n_s} d]^2}{n_s [n_s - 1]}} \dots\dots\dots(14)$

Keterangan:

d = Nilai lendutan balik (d_B) pada suatu segmen atau seksi jalan
 n_s = Jumlah titik pemeriksaan atau *station* pada suatu segmen atau seksi jalan

3) Lendutan Wakil

Nilai lendutan wakil (D_{wakil}) ditentukan dengan menggunakan persamaan (15), (16) dan (17) sebagai berikut:

$$D_{wakil} \text{ Arteri} = d_R + 2s \dots\dots\dots(15)$$

$$D_{wakil} \text{ Kolektor} = d_R + 1,64s \dots\dots\dots(16)$$

$$D_{wakil} \text{ Lokal} = d_R + 1,28s \dots\dots\dots(17)$$

Keterangan:

D_{wakil} = Lendutan yang mewakili suatu segmen atau seksi jalan
 d_R = Lendutan rata-rata suatu segmen atau seksi jalan
 s = Standar deviasi atau simpangan baku

4) Lendutan Rencana atau Lendutan Ijin
 Nilai lendutan rencana atau ijin (D_{rencana}) ditentukan dengan menggunakan persamaan (18) sebagai berikut:

$$D_{rencana} = 22,208 \times CESA^{(-0,2307)} \dots\dots\dots(18)$$

Keterangan:

D_{rencana} = Lendutan rencana (mm)
 CESA = Akumulasi ekivalen beban sumbu standar (ESA)

c. Analisis Tebal Lapis Tambah

1) Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah
 Nilai faktor koreksi tebal lapis tambah (Fo) ditentukan dengan menggunakan persamaan (19) sebagai berikut:

$$Fo = 0,5032 \times EXP^{(0,0194 \times TPRT)} \dots\dots\dots(19)$$

Keterangan:

Fo = Faktor koreksi tebal perkerasan (*overlay*)
 TPRT = Temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah atau kota tertentu

2) Tebal Lapis Tambah

Nilai tebal lapis tambah (Ho) ditentukan dengan menggunakan persamaan (20) sebagai berikut:

$$Ho = \frac{[\ln(1,0364) + \ln(D_{sbl\ ov}) - \ln(D_{stl\ ov})]}{0,0597} \dots\dots\dots(20)$$

Keterangan:

Ho = Tebal lapis tambah, sebelum dikoreksi dengan temperatur perkerasan rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)
 D_{sbl ov} = Lendutan sebelum lapis tambah atau D_{wakil} (mm)
 D_{stl ov} = Lendutan setelah lapis tambah atau D_{rencana} (mm)

3) Tebal Lapis Tambah Terkoreksi

Nilai tebal lapis tambah terkoreksi (Ht) ditentukan menggunakan persamaan (21) sebagai berikut:

$$Ht_1 = Ho \times Fo \dots\dots\dots(21)$$

Keterangan:

Ht₁ = Tebal lapis tambah, setelah dikoreksi dengan temperatur perkerasan rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)

- Ho = Tebal lapis tambah, sebelum dikoreksi dengan temperatur perkerasan rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)
 Fo = Faktor koreksi tebal lapis tambah

4) Jenis Lapis Tambah

Berdasarkan Pedoman Pd T-05-2005-B terdapat tiga jenis lapis tambah yang direkomendasikan dengan klasifikasi seperti terlihat pada tabel (2) sebagai berikut:

Tabel 2 Klasifikasi Jenis Tebal Lapis Tambah

| Jenis Lapisan | Modulus Resilien, M_R (MPa) | Stabilitas Marshall (Kg) |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Laston Modifikasi | 3000 | Min. 1000 |
| Laston | 2000 | Min. 800 |
| Laston | 1000 | Min. 800 |

5) Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah Penyesuaian

Nilai faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (FK_{TBL}) ditentukan dengan menggunakan persamaan (22) sebagai berikut:
 $FK_{TBL} = 12,51 \times M_R^{(-0,333)}$ (22)

Keterangan:

- FK_{TBL} = Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian
 M_R = Modulus resilien (MPa)

6) Tebal Lapis Tambah Terkoreksi

Nilai tebal lapis tambah terkoreksi (Ht_2) ditentukan menggunakan persamaan (23) sebagai berikut:

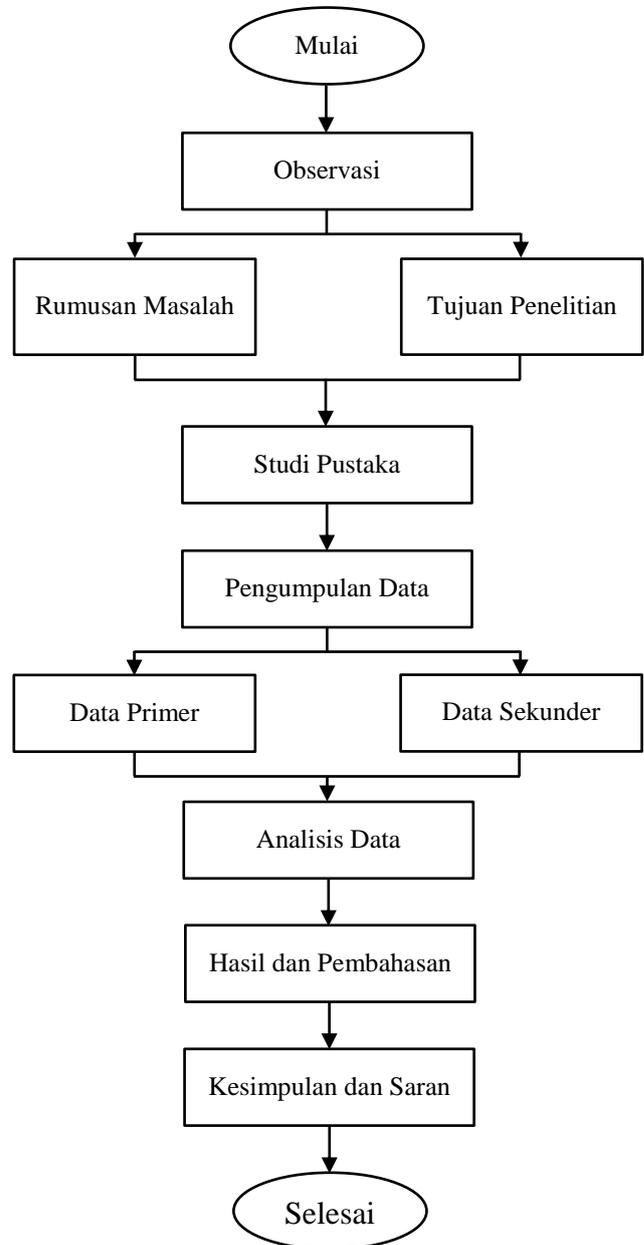
$Ht_2 = Ht_1 \times FK_{TBL}$(23)

Keterangan:

- Ht_2 = Tebal lapis tambah, setelah dikoreksi dengan temperatur perkerasan rata-rata tahunan daerah tertentu dan dikoreksi kembali dengan jenis lapis tambah (cm)
 Ht_1 = Tebal lapis tambah, setelah dikoreksi dengan temperatur perkerasan rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)
 FK_{TBL} = Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian

2. Metode Penelitian
 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian dapat dijabarkan secara singkat melalui gambar (1) sebagai berikut:



Gambar 1 Bagan Alir Tahapan Penelitian.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini mengambil studi kasus yaitu ruas jalan Yogyakarta–Barongan (Imogiri) pada Sta. 7+000 sampai dengan Sta. 9+000, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Pengujian lapangan berupa pengujian lendutan dan temperatur dilaksanakan pada Rabu, 14 Desember 2016, pukul 09.30 WIB

sampai dengan 15.45 WIB, ketika musim penghujan.

Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil studi lapangan dengan melakukan pengujian langsung dilapangan dengan berpedoman pada SNI 2416:2011. Data lendutan (d_1 , d_2 dan d_3) diperoleh dengan menggunakan alat *Benkelman Beam*, sedangkan data temperatur udara (T_u) dan permukaan perkerasan (T_p) diperoleh dengan menggunakan alat *Thermometer* yang dilakukan secara bersamaan dengan pengujian lendutan. Adapun data hasil studi lapangan dapat dijabarkan secara singkat melalui tabel (3) sebagai berikut:

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Lendutan

| Sta | Beban Uji (Ton) | Lendutan Balik (mm) | | | Temperatur (°C) | |
|-------|-----------------|---------------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | | d_1 | d_2 | d_3 | T_u | T_p |
| 7+000 | 9,7 | 0 | 0,24 | 0,61 | 29 | 35 |
| 7+100 | 9,7 | 0 | 0,38 | 0,53 | 29 | 35 |
| 7+200 | 9,7 | 0 | 0,21 | 0,59 | 29 | 35 |
| 7+300 | 9,7 | 0 | 0,42 | 0,54 | 29 | 35 |
| 7+400 | 9,7 | 0 | 0,37 | 0,66 | 29 | 35 |
| 7+500 | 9,7 | 0 | 0,26 | 0,57 | 29 | 35 |
| 7+600 | 9,7 | 0 | 0,19 | 0,31 | 29 | 35 |
| 7+700 | 9,7 | 0 | 0,21 | 0,44 | 29 | 35 |
| 7+800 | 9,7 | 0 | 0,14 | 0,28 | 31 | 38 |
| 7+900 | 9,7 | 0 | 0,23 | 0,41 | 31 | 38 |
| 8+000 | 9,7 | 0 | 0,24 | 0,51 | 31 | 38 |
| 8+100 | 9,7 | 0 | 0,28 | 0,43 | 31 | 38 |
| 8+200 | 9,7 | 0 | 0,19 | 0,46 | 31 | 38 |
| 8+300 | 9,7 | 0 | 0,37 | 0,62 | 31 | 38 |
| 8+400 | 9,7 | 0 | 0,28 | 0,51 | 31 | 38 |
| 8+500 | 9,7 | 0 | 0,31 | 0,72 | 31 | 38 |
| 8+600 | 9,7 | 0 | 0,26 | 0,65 | 31 | 38 |
| 8+700 | 9,7 | 0 | 0,44 | 0,75 | 31 | 38 |
| 8+800 | 9,7 | 0 | 0,37 | 0,59 | 31 | 38 |
| 8+900 | 9,7 | 0 | 0,28 | 0,66 | 31 | 38 |
| 9+000 | 9,7 | 0 | 0,41 | 0,63 | 31 | 38 |

b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari hasil studi dokumentasi dengan melakukan kunjungan pada instansi terkait yaitu Seksi Perencanaan Jalan dan Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga dibawah naungan Departemen Pekerjaan Umum, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun data sekunder yang digunakan pada penelitian ini antara lain data geometri ruas jalan, data lalu lintas harian rata-rata 2015, data pertumbuhan lalu lintas dan data struktur perkerasan beraspal (*existing*). Adapun data hasil studi pustaka dapat dijabarkan secara singkat melalui tabel (4) dan (5) sebagai berikut:

Tabel 4 Data Geometrik Jalan

| Deskripsi | Keterangan |
|------------------|--|
| Nama Jalan | Jl. Imogiri Timur |
| Nama Ruas | Yogyakarta–Barongan (Imogiri) |
| Nomor Ruas | 002 |
| Lokasi | Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta |
| Panjang | \pm 9600 m |
| Titik Pengamatan | Sta. 7+000 – Sta. 9+000 |
| Lebar Perkerasan | \pm 6 m |
| Tebal Perkerasan | \pm 9 cm |
| Jenis Perkerasan | Laston (AC-BC) |
| Tipe Jalan | 2/2 UD |
| Status Jalan | Jalan Provinsi |
| Fungsi Jalan | Kolektor Primer |
| Medan | Datar |

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Tabel 5 Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

| Golongan Kendaraan | Jenis | LHR 2015 (Kend/Hari) |
|--------------------|---|----------------------|
| 1 | Sepeda Motor, Skuter, & Kendaraan Roda Tiga | 24764 |
| 2 | Sedan, Jeep & Station Wagon | 5574 |
| 3 | Opelet, Suburban, Combi & Mini Bus | 164 |
| 4 | Pick-up, Mikro Truk & Mobil Hantaran | 902 |

Tabel 5 Lanjutan

| | | |
|----|---------------------------|-----|
| 5a | Bus Kecil | 87 |
| 5b | Bus Besar | 21 |
| 6a | Truk Dua Sumbu Empat Roda | 177 |
| 6b | Truk Dua Sumbu Enam Roda | 610 |
| 7a | Truk Tiga Sumbu | 6 |
| 7b | Truk Gandeng | 0 |
| 7c | Truck Semi-Trailer | 0 |
| 8 | Kendaraan Tak Bermotor | 438 |

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis Lalu Lintas

Analisis lalu lintas dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai akumulasi ekivalen beban sumbu standar (CESA) dengan menggunakan data data lalu lintas harian rata-rata (LHR) sebagai parameter utama. Adapun dengan pertumbuhan lalu lintas ditetapkan sebesar 3,5 % dan umur rencana sebesar 10 tahun, maka diperoleh nilai akumulasi ekivalen beban sumbu standar (CESA) seperti pada tabel (6) sebagai berikut:

Tabel 6 Akumulasi Ekivalen Beban Sumbu Standar (CESA)

| Golongan Kendaraan | Jenis | LHR | E | C | N | CESA |
|--------------------|---|-------|---------|-----|--------|--------------------|
| 1 | Sepeda Motor, Skuter, & Kendaraan Roda Tiga | 27457 | 0 | 0,5 | 11,937 | 0 |
| 2 | Sedan, Jeep & Station Wagon | 6180 | 0,00045 | 0,5 | 11,937 | 6058,259 |
| 3 | Opelet, Pick-up, Suburban, Combi & Mini Bus | 182 | 0,035 | 0,5 | 11,937 | 13876,704 |
| 4 | Pick-up Mikro Truk & Mobil Hantaran | 1001 | 0,035 | 0,5 | 11,937 | 76321,869 |
| 5a | Bus Kecil | 97 | 0,159 | 0,5 | 11,937 | 33598,179 |
| 5b | Bus Besar | 24 | 0,311 | 0,5 | 11,937 | 16259,924 |
| 6a | Truk Dua Sumbu Empat Roda | 197 | 0,159 | 0,5 | 11,937 | 68235,476 |
| 6b | Truk Dua Sumbu Enam Roda | 677 | 2,548 | 0,5 | 11,937 | 3757811,307 |
| 7a | Truk Tiga Sumbu | 7 | 2,329 | 0,5 | 11,937 | 35515,211 |
| 7b | Truk Gandeng | 0 | 7,059 | 0,5 | 11,937 | 0 |
| 7c | Truck Semi-Trailer | 0 | 4,584 | 0,5 | 11,937 | 0 |
| 8 | Kendaraan Tak Bermotor | 486 | 0 | 0,5 | 11,937 | 0 |
| Jumlah | | | | | | 4007676,929 |
| Dibulatkan | | | | | | $4,01 \times 10^6$ |

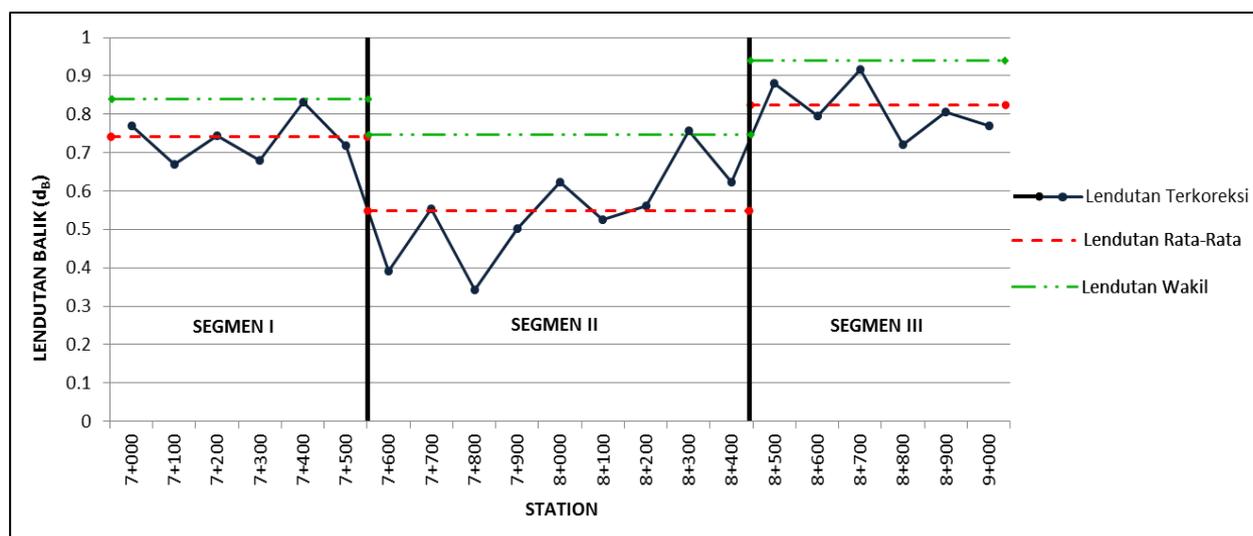
Analisis Lendutan

Analisis lendutan dilakukan untuk mengetahui nilai lendutan balik (d_B), keseragaman lendutan (FK), lendutan wakil (d_{wakil}) dan lendutan rencana (d_{rencana}) guna dijadikan sebagai parameter utama dalam perencanaan. Dari hasil perhitungan, ruas jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri) akan dibagi menjadi 3 (tiga) segmen yaitu segmen I (Sta. 7+000 - Sta. 7+500), segmen II (Sta. 7+600 - Sta. 8+400) dan segmen III (Sta. 8+500 - Sta. 9+000).

Menurut Fuady (2014) segmen dapat diartikan sebagai bagian dari ruas jalan yang memiliki tingkat keseragaman nilai lendutan balik yang sama atau serupa. Adapun rekapitulasi data sebagai hasil analisis lendutan secara keseluruhan dapat dijabarkan secara singkat melalui tabel (7) atau melalui pembacaan grafik pada gambar (2) sebagai berikut:

Tabel 7 Rekapitulasi Hasil Analisis Lendutan

| Deskripsi | Satuan | Segmen I | Segmen II | Segmen III |
|------------------------------|--------|----------|-----------|------------|
| Lendutan Rata-Rata (d_R) | mm | 0,735504 | 0,542474 | 0,815035 |
| Deviasi Standar (s) | - | 0,060557 | 0,125076 | 0,071982 |
| Keseragaman Lendutan (FK) | % | 8,233402 | 23,05655 | 8,831768 |
| D_{wakil} | mm | 0,834817 | 0,747598 | 0,933085 |
| D_{rencana} | mm | 0,665524 | 0,665524 | 0,665524 |



Gambar 2 Rekapitulasi Hasil Analisis Lendutan.

Analisis Tebal Lapis Tambah

Analisis tebal lapis tambah dilakukan untuk menentukan tebal lapis tambah (*overlay*) yang sesuai guna mengakomodasi tingkat pertumbuhan dan pembebanan lalu lintas yang tinggi. Nilai tebal lapis tambah (H_t) diperoleh dengan mengkorelasikan faktor-faktor koreksi

seperti temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) dan modulus resiliens jenis perkerasan yang direncanakan (MR). Adapun rekapitulasi data sebagai hasil analisis tebal lapis tambah secara keseluruhan dapat dijabarkan secara singkat melalui tabel (8) sebagai berikut:

Tabel 8 Rekapitulasi Hasil Analisis Tebal Lapis Tambah

| Deskripsi | Satuan | Segmen I | Segmen II | Segmen III |
|------------------------|--------|----------|-----------|------------|
| Jenis Perkerasan | - | Laston | Laston | Laston |
| Modulus Resiliens (MR) | MPa | 2000 | 2000 | 2000 |
| Stabilitas Marshall | Kg | 800 | 800 | 800 |
| Tebal Lapis Tambah | cm | 5 | 4 | 7 |

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan dengan mengacu pada Pedoman Perencanaan Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan (Pd T-05-2005-B), maka pada penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

- Lendutan balik yang menggambarkan keadaan struktur perkerasan (D_{wakil}) yaitu pada segmen I (Sta. 7+000 – Sta. 7+500) sebesar 0,834817 mm, pada segmen II (Sta. 7+600 – Sta. 8+400) sebesar 0,747598 mm dan pada segmen III (Sta. 8+500 – Sta. 9+000) sebesar 0,933085 mm.

- b. Tebal lapis tambah yang direkomendasikan yaitu pada segmen I (Sta. 7+000 – Sta. 7+500) sebesar 5 cm, pada segmen II (Sta. 7+600 – Sta. 8+400) sebesar 4 cm dan pada segmen III (Sta. 8+500 – Sta. 9+000) sebesar 7 cm.
- c. Jenis lapis tambah yang direkomendasikan yaitu Laston (AC-BC) dengan nilai Modulus Resilient (MR) sebesar 2000 MPa dan Stabilitas Marshall sebesar 800 Kg.

5. Daftar Pustaka

- Bhimani, S., dan Shrinkar, P.A., 2017, Performance Evaluation Of Pavement (Reviews), *International Journal for Scientific Research and Development*, 4(12), 332-333.
- Birasungi, C.F., Waani, J.E., dan Manoppo, M.R.E., 2019, Evaluasi Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2013 (Studi Kasus: Ruas Jalan Yos Sudarso Manado), *Jurnal Sipil Statik*, 4(1), 137-146.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005, Pd T-05-2005-B: *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Fuady, H.A., 2014, Studi Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan (Overlay) Pada Jalan Maospati - Sukomoro (Sta. 0+000 – 12+000) Di Kabupaten Magetan Propinsi Jawa Timur, *Jurnal Rekayasa Sipil*, 2(2), 145-153.
- Mayank, G.B., Vankar, A., dan Zala, L.B., 2013, Structural Evaluation Using Benkelman Beam Deflection Technique and Rehabilitation of Flexible Pavement for State Highway 188 (Sarsa Junction to Vasad Junction), *Journal of International: Academic Research for Multidisciplinary*, 1(4), 452-462.
- Romauli, T.D., Waani, J.E., dan 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), 749-759.
- Suaryana, N., dan Anggodo, Y.R.P., 2007, Kajian Metoda Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perencanaan Lentur, *Jurnal Jalan-Jembatan*, 24(1), 65-76.
- Wibowo, S.S., 2001, *Rekayasa Jalan*, Nova, Bandung.

LAMPIRAN
Tabel 9 Analisis Lendutan Balik (d_B)

| Station | Beban Uji (ton) | Lendutan (mm) | | | Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) | | | | | Koreksi pada Temperatur Standar (Ft) | Koreksi Musim (Ca) | Koreksi Beban ($\text{FK}_{\text{B-BB}}$) | Lendutan Balik (d_B) | d_B^2 |
|---------|-----------------|---------------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------------|--------------------------------------|--------------------|---|--------------------------|-------------|
| | | d_1 | d_2 | d_3 | T_u | T_p | T_t | T_b | T_L | | | | | |
| 7+000 | 9,7 | 0 | 0,24 | 0,61 | 29 | 35 | 36,58 | 32,84 | 34,80666667 | 1,002472681 | 0,9 | 0,698752486 | 0,769127345 | 0,591556873 |
| 7+100 | 9,7 | 0 | 0,38 | 0,53 | 29 | 35 | 36,58 | 32,84 | 34,80666667 | 1,002472681 | 0,9 | 0,698752486 | 0,668258185 | 0,446569002 |
| 7+200 | 9,7 | 0 | 0,21 | 0,59 | 29 | 35 | 36,58 | 32,84 | 34,80666667 | 1,002472681 | 0,9 | 0,698752486 | 0,743910055 | 0,55340217 |
| 7+300 | 9,7 | 0 | 0,42 | 0,54 | 29 | 35 | 36,58 | 32,84 | 34,80666667 | 1,002472681 | 0,9 | 0,698752486 | 0,68086683 | 0,46357964 |
| 7+400 | 9,7 | 0 | 0,37 | 0,66 | 29 | 35 | 36,58 | 32,84 | 34,80666667 | 1,002472681 | 0,9 | 0,698752486 | 0,83217057 | 0,692507858 |
| 7+500 | 9,7 | 0 | 0,26 | 0,57 | 29 | 35 | 36,58 | 32,84 | 34,80666667 | 1,002472681 | 0,9 | 0,698752486 | 0,718692765 | 0,516519291 |
| 7+600 | 9,7 | 0 | 0,19 | 0,31 | 29 | 35 | 36,58 | 32,84 | 34,80666667 | 1,002472681 | 0,9 | 0,698752486 | 0,390867995 | 0,15277779 |
| 7+700 | 9,7 | 0 | 0,21 | 0,44 | 29 | 35 | 36,58 | 32,84 | 34,80666667 | 1,002472681 | 0,9 | 0,698752486 | 0,55478038 | 0,30778127 |
| 7+800 | 9,7 | 0 | 0,14 | 0,28 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,342314642 | 0,117179314 |
| 7+900 | 9,7 | 0 | 0,23 | 0,41 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,50124644 | 0,251247994 |
| 8+000 | 9,7 | 0 | 0,24 | 0,51 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,62350167 | 0,388754332 |
| 8+100 | 9,7 | 0 | 0,28 | 0,43 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,525697486 | 0,276357847 |
| 8+200 | 9,7 | 0 | 0,19 | 0,46 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,562374055 | 0,316264578 |
| 8+300 | 9,7 | 0 | 0,37 | 0,62 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,757982422 | 0,574537352 |
| 8+400 | 9,7 | 0 | 0,28 | 0,51 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,62350167 | 0,388754332 |
| 8+500 | 9,7 | 0 | 0,31 | 0,72 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,880237651 | 0,774818323 |
| 8+600 | 9,7 | 0 | 0,26 | 0,65 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,794658991 | 0,631482912 |
| 8+700 | 9,7 | 0 | 0,44 | 0,75 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,91691422 | 0,840731687 |
| 8+800 | 9,7 | 0 | 0,37 | 0,59 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,721305853 | 0,520282134 |
| 8+900 | 9,7 | 0 | 0,28 | 0,66 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,806884514 | 0,651062619 |
| 9+000 | 9,7 | 0 | 0,41 | 0,63 | 31 | 38 | 39,42 | 35,32 | 37,58 | 0,972011882 | 0,9 | 0,698752486 | 0,770207945 | 0,593220279 |