

**TUGAS AKHIR**  
**PERENCANAAN TEBAL LAPIS TAMBAH PERKERASAN LENTUR**  
**(OVERLAY) DENGAN METODE LENDUTAN BALIK MENGGUNAKAN**  
**ALAT *BENKELMAN BEAM***

**(Studi Kasus: Ruas Jalan Klangon-Tempel KM 21+000 – 23+000 Kec.  
Moyudan, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta)**



Disusun Oleh:

**AYU ANDRIA SOLIHAT**

**NIM : 20130110066**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2017**

## HALAMAN MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)” (QS 94:6-7)

“Orang bilang halangan, kita bilang tantangan, orang bilang hutan rimba, kita bilang jalan raya, orang bilang nekat, kita bilang nikmat, orang bilang jalan buntu, kita bilang mainan baru” (Anonim)

“JIKA ENGKAU MAMPU

Jadilah seorang ulama

JIKA ENGKAU TIDAK MAMPU

Maka jadilah penuntut ilmu

JIKA ENGKAU TIDAK MAMPU JADI PENUNTUT ILMU

Maka cintailah mereka

DAN JIKA ENGKAU TIDAK MENCINTAI MEREKA

Jangan engkau benci mereka “ ( Umar Bin Abdul aziz )

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Allhamdulillah segala Puji syukur bagi Allah SWT, kita memnujinya, dan meminta pertolongan, pengampunan serta petunjuk kepadanya. Kita berlindung kepada Allah dari kejahatan keburukan diri kita dan keburukan amal kita. Barang siapa yang mendapatkan petunjuk dari Allah maka tidak akan ada yang menyesatkannya, dan barang siapa yang sesat maka tidak ada pemberi petunjuk baginya.

Aku bersaksi tiada tuhan selain Allah dan Muhammad adalah hamba dan Rasul\_nya. Semoga do'a sholawat tercurah pada junjungan dan suri tauladan kita Nabi Muhammad SAW, keluarganya, dan sahabat serta siapa saja yang mendapat petunjuk hingga hari kiamat.

Amin amin ya robbal'alamin.....

Penulis mempersembahkan Tugas Akhir ini untuk :

- Kedua orang tua ku yang tercinta, Ayahanda H. Solihin dan Ibunda Hj Ani Mursidah yang selalu memberikan kasih sayang yang tulus, suci dan merawat aku hingga bisa dewasa seperti sekarang ini. Tak pernah berhenti untuk memberiku semangat serta mendukung setiap kemauanku. Terimakasih untuk semuanya yang telah kau berikan untukku.
- Adek-adekku Hayat dan Salma atas doa yang telah kalian berikan sehingga kakak bisa menjadi seperti sekarang, tak luput pulak doa buat kalian berdua agar menjadi manusia yang lebih berguna dan bisa membanggakan kedua orang tua kita.
- Terimakasih saya ucapkan kepada teman – teman teknik sipil seangkatan terutama sipil B yang telah memberikan semangat dan saling bantu membantu dalam berbuat kebaikan dan saling menegur apabila berbuat kesalahan
- Terimakasih kepada teman-teman yang telah membantu saya dalam mengerjakan tugas akhir ini mulai dari pengambilan data dilapangan sampai selesai tugas akhir ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Tanpa kalian apalah dayaku
- Kekasih Tercinta “Said Syeh Ibnu Hajar yang selalu memberikan perhatian, dukungan serta semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Dosen-dosen dan Staff Teknik Sipil UMY terima kasih telah mengajariku dan memberikan ilmu yang bermanfaat.

Dipersembahkan Oleh Ayu Andria Solihat

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Alhamdulillah Hirobbil Alamin, Segala Puji Syukur Kami Panjatkan Kehadirat Allah SWT Yang Telah Melimpahkan Rahmat Dan Hidayat-Nya, Serta Salam Senantiasia Penyusun Curahkan Kepada Nabi Muhammad SAW, Keluarga Dan Sahabat Serta Pengikutnya. Puji Syukur Penyusun Haturkan Dapat Menyelesaikan Tugas Akhir ini Dengan Judul **“PERENCANAAN TEBAL LAPIS TAMBAH PERKERASAN LENTUR (OVERLAY) DENGAN METODE LENDUTAN BALIK MENGGUNAKAN ALAT *BENKELMAN BEAM* ((Studi Kasus: Ruas Jalan Klangon-Tempel KM 21+000 – 23+000 Kec. Moyudan, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta)”** Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana S-1 Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam Menyusun Dan Menyelesaikan Tugas Akhir Ini, Penyusun Sangat Membutuhkan Kerja Sama, Bantuan, Bimbingan, Pengarahan, Petunjuk dan Saran-Saran Dari Berbagai Pihak, Terima kasih Penyusun Haturkan Kepada :

1. Kedua Orang Tua ku Tercinta, Ayahanda Solihin Dan Ibunda Ani Mursidah Serta adik-adik ku
2. Bapak Jazaul Ikhsan, ST., MT., Ph.D Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Ibu Ir. Anita Widianti, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak Sri Atmaja PJNR ,S.T.,MSc.Eng.,ph.D selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan seta petunjuk dan koreksi bagi tugas akhir ini.
5. Bapak Emil Adly S.T., M, Eng., Selaku dosen Pembimbing II Yang Telah Memberikan Pengarahan Dan Bimbingan Serta Petunjuk dan Koreksi Bagi Tugas Akhir Ini.

6. Ibu Anita Rahmawati S.T., M. Sc, Selaku Dosen Penguji terimakasih atas masukan,saran dan koreksi terhadap tugas akhir ini.
7. Bapak Dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
8. Segenap Staf Badan Perencanaan Daerah (BAPEDA) Daerah Istimewa Yogyakarta.
9. Segenap Staf Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum Daerah Istimewa Yogyakarta.
10. Segenap Staf Dinas Perhubungan (DISHUB) Daerah Istimewa Yogyakarta.
11. Sahabat Dan Rekan-Rekan Yang Telah Membantu Dalam Penyusunan Tugas Akhir Ini.
12. Teman-Teman Teknik Sipil UMY Dan Semua Pihak Yang Tidak Dapat Penyusun Sebutkan Satu Persatu, Yang Telah Memberikan Bantuannya Hingga terselesainya Tugas Akhir Ini.

Dengan Segenap Kerendahan Hati Dan Keterbatasan Kemampuan, Penyusun Menyadari Bahwa Tugas Akhir Ini Masih Jauh Dari Kesempurnaan Walau Telah Diusahakan Bentuk Penyusunan Dan Penulisan Sebaik Mungkin. Oleh Karena Itu, Penyusun Sangat Mengharapkan Kritik Dan Saran Yang Bersifat Membangun Dan Menyempurnakan Tugas Akhir Ini. Harapan Penyusun, Semoga Laporan Ini Dapat Bermanfaat Untuk Pengembangan Studi Dalam Teknik Sipil Dan Terutama Bagi Kelanjutan Studi Penyusun.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, juni 2017

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISTILAH .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Batasan Masalah.....	3
E. Manfaat Penelitian .....	3
F. Keaslian Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
A. Tinjauan Umum .....	5
B. Definisi Dan Klasifikasi Jalan.....	6
C. Perkerasan Jalan .....	12
D. Jenis Perkerasan Jalan .....	13
E. Umur Rencana.....	16
F. Kerusakan Struktur Perkerasan Jalan.....	17
G. Penelitian Sebelumnya .....	19
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>21</b>
A. Uji Lendutan Perkerasan Lentur .....	21

B. Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Dengan Metode Lendutan.....	22
C. Menghitung Tebal Lapis Permukaan <i>Structural Number</i> (SN) dan Modulus Elastisitas Dengan Metode AASHTO 1993 .....	34
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>40</b>
A. Lokasi Penelitian .....	40
B. Tahap Persiapan.....	41
C. Tahap Penelitian .....	41
D. Waktu Penelitian .....	44
E. Metode Pengumpulan Data .....	44
F. Peralatan Dan Tata Cara Pemakaian Alat <i>Benkelman Beam</i> .....	46
G. Analisis Data .....	58
<b>BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>59</b>
A. Data Geometri Jalan .....	59
B. Data Lalu Lintas .....	59
C. Data Lendutan .....	60
D. Analisis Data Lalu Lintas.....	62
E. Analisis Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur .....	64
F. Analisis <i>Struktural Number</i> (SN) dan Modulus Elastisitas Pada Tebal Lapis Tambah ( <i>Overlay</i> ) Perkerasan Lentur.....	72
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>79</b>
A. Kesimpulan.....	79
B. Saran.....	80

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Kelas Jalan .....	11
Tabel 3.1	Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan.....	22
Tabel 3.2	Koefisien Distribusi Kendaraan (C) .....	23
Tabel 3.3	Ekivalen beban sumbu kendaraan (E) .....	23
Tabel 3.4	Faktor Hubungan Antara Umur Rencana dengan Perkembangan Lalu Lintas (N) .....	24
Tabel 3.5	Faktor Koreksi Lendutan Terhadap Temperatur Standar (Ft) .....	27
Tabel 3.6	Temperatur Tengah dan Bawah Lapis Beraspal Berdasarkan Data Temperatur Udara dan Temperatur Permukaan.....	27
Tabel 3.7	Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah Penyesuaian (FK <sub>TBL</sub> ) .....	36
Tabel 3.8	Definisisi Kualitas Drainasi .....	38
Tabel 3.9	Koefisien Drainasi (M) untuk modifikasi koefisien kekuatan relatif material <i>untreated base</i> dan <i>subbase</i> .....	38
Tabel 3.10	rekomendasi tingkat rehabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan .....	39
Tabel 5.1	Data Ruas Jalan Goa Selarong .....	59
Tabel 5.2	Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) Tahun 2016.....	60
Tabel 5.3	Data Pengujian Lendutan .....	60
Tabel 5.4	Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) Tahun 2016.....	62
Tabel 5.5	Angka Ekivalen Beban Sumbu Kendaraan .....	62
Tabel 5.6	Hasil Analisa Lalu Lintas .....	63
Tabel 5.7	Hasil Analisa Lapis Tambah Segmen I (Pd T-05-2005-B) .....	67
Tabel 5.8	Hasil Analisa Lapis Tambah Segmen II (Pd T-05-2005-B).....	70
Tabel 5.9	Hasil Analisa Lapis Tambah (Pd T-05-2005-B) .....	71
Tabel 5.10	Hasil Analisa Lapis Tambah ( <i>Overlay</i> ).....	71
Tabel 5.11	Hasil Analisa Lapis Tambah ( <i>Overlay</i> ) Berdasarkan Panduan Pd T-05-2005-B.....	72
Tabel 5.12	Koefisien drainasi untuk memodifikasi kekuatan relatif material <i>unterated base</i> dan <i>subbase</i> pada perkerasan lentur .....	73
Tabel 5.13	Hasil Analisa Lapis Tambah dan <i>Strukctural Number</i> (SN) berdasarkan panduan pd. T-05-2005-B dan pt-T-01-2002.....	77



Tabel 5.14	Hasil Analisis Lapis Tambah dan <i>Struktural Number</i> (SN) berdasarkan panduan pd. T-05-2005-B dan pt-T-01-2002.....	77
Tabel 5.15	Hasil Analisis Modulus Elastisitas berdasarkan panduan pt. T-01-2002.....	78

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lapisan-Lapisan Pembentuk Perkerasan Lentur .....	14
Gambar 3.1	Faktor koreksi lendutan terhadap temperatur standar (Ft).....	26
Gambar 3.2	Hubungan Antara Lendutan Rencana dan Lalu lintas .....	30
Gambar 3.3	Tebal Lapis Tambahan/ <i>Overlay</i> (Ho) .....	31
Gambar 3.4	faktor korelasi tebal lapis tambah (Fo) .....	32
Gambar 3.5	faktor korelasi tebal lapis tambah (Fo) .....	33
Gambar 3.6	Grafik untuk memperkirakan koefisien kekuatan relatif lapis permukaan beton aspal (a1).....	35
Gambar 3.7	Grafik variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi granuler (a2).....	36
Gambar 3.8	Grafik variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bersemen (a2).....	36
Gambar 3.9	Grafik variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi granuler (a2).....	37
Gambar 4.1	Lokasi penelitian.....	40
Gambar 4.2	Bagan alir pelaksanaan penelitian.....	42
Gambar 4.3	Bagan alir analisis data dengan metode lendutan balik pd. T-05-2005-B .....	43
Gambar 4.4	Spesifikasi truk standar .....	46
Gambar 4.5	Alat <i>Benkelman Beam</i> .....	47
Gambar 4.6	Perlengkapan Keamanan .....	49
Gambar 4.7	Alat <i>Benkelman Beam</i> .....	52
Gambar 4.8	Alat penyetel <i>Benkelman Beam</i> .....	57
Gambar 4.9	Termometer Udara, Termometer Permukaan .....	66
Gambar 5.1	Lendutan BB Terkoreksi ( $d_B$ ) Segmen I.....	69
Gambar 5.2	Lendutan BB Terkoreksi ( $d_B$ ) Segmen II.....	70
Gambar 5.3	Lendutan BB Terkoreksi ( $d_B$ ) .....	78
Gambar 5.4	Variasi memperkirakan koefisien kekuatan relatif lapis permukaan beton aspal .....	75
Gambar 5.5	Variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bersemen.....	76
Gambar 5.6	Variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi granuler.....	76

## DAFTAR ISTILAH

- ✓ **Angka Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan (E)**  
Angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu standar.
- ✓ **Arloji Pengukur (*Dial Guage*)**  
Pengukur lendutan bersekala milimeter (mikrometer) dengan ketelitian 0,025 mm atau dengan ketelitian yang lebih baik.
- ✓ ***Benkelman Beam* (BB)**  
alat untuk mengukur lendutan balik dan lendutan langsung perkerasan yang menggambarkan kekuatan struktur perkerasan jalan.
- ✓ ***Cummulative Equivalent Standart Axle* (CESA)**  
Akumulasi ekuivalen beban sumbu standar selama umur rencana.
- ✓ **Laston**  
Campuran beraspal dengan gradasi agregat gabungan yang rapat/menerus dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras tanpa dimodifikasi (*Straight Bitumen*).
- ✓ **Cekung lendutan (*Bowl Deflection*)**  
Merupakan kurva yang menggambarkan bentuk lendutan dari suatu segmen perkerasan jalan akibat beban yang disalurkan oleh ban kendaraan.
- ✓ **Lendutan balik titik belok**  
Merupakan besarnya lendutan balik perkerasan pada kedudukan di titik kontak batang *Benkelman Beam* setelah beban berpindah sejauh 0,30 meter untuk penetrasi asbuton dan laburan atau sejauh 0,40 meter untuk aspal beton.
- ✓ **Lendutan balik maksimum (*Maximum Rebound Deflection*)**  
Merupakan besarnya lendutan balik perkerasan pada kedudukan di titik kontak batang *Benkelman Beam* setelah beban berpindah sejauh 6 meter.

- ✓ **Lendutan Rencana/ijin**  
 Besar lendutan rencana atau yang diijinkan sesuai dengan akumulasi ekuivalen beban sumbu standar selama umur rencana .
- ✓ **Pusat Beban (*Load Center*)**  
 Letak beban pada permukaan perkerasan yang berada tepat dibawah garis sumbu gandar belakang dan di tengah-tengah ban ganda sebuah truk.
- ✓ **Perkerasan Jalan**  
 Konstruksi jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang terletak diatas tanah dasar .
- ✓ **Perkerasan Lentur**  
 Konstruksi perkerasan jalan yang dibuat dengan menggunakan lapis pondasi agregat dan lapis permukaan dengan bahan pengikat aspal.
- ✓ **Tebal Lapis Tambah (*Overlay*)**  
 Lapis perkerasan tambahan yang dipasang diatas konstruksi perkerasan yang ada dengan tujuan meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang ada agar dapat melayani lalu lintas yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang.
- ✓ **Struktual Number (SN)**  
 Indeks yang diturunkan dari analisis lalu-lintas, kondisi tanah dasar, dan lingkungan yang dapat dikonversi menjadi tebal lapisan perkerasan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang sesuai untuk tiap-tiap jenis material masing-masing lapis struktur perkerasan.
- ✓ **Koefisien Drainase**  
 Faktor yang digunakan untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif sebagai fungsi yang menyatakan seberapa baiknya struktur perkerasan dapat mengatasi pengaruh negatif masuknya air ke dalam struktur perkerasan.
- ✓ **Reliability**  
 Kemungkinan (probability) bahwa jenis kerusakan tertentu atau kombinasi jenis kerusakan pada struktur perkerasan akan tetap lebih rendah atau dalam rentang yang diizinkan selama umur rencana.

## SIMBOL DAN SINGKATAN

- $a_1$  : Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Permukaan
- $a_2$  : Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Atas
- $a_3$  : Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Bawah
- $C$  : Koefisien Distribusi Kendaraan
- $C_a$  : Faktor Pengaruh Muka Air Tanah
- $CM$  : Centimeter
- $D_{rencana}$  : Lendutan Rencana
- $D_{sbl\ ov}$  : Lendutan Sebelum *Overlay*
- $D_{stl\ ov}$  : Lendutan Setelah *Overlay*
- $D_{wakil}$  : Lendutan Wakil
- $d$  : Lendutan
- $d_1$  : Lendutan pada saat beban tepat pada titik pengukuran
- $d_2$  : Lendutan pada saat beban berada pada jarak 40 cm
- $d_3$  : Lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 m
- $d_B$  : Lendutan Terkoreksi
- $d_R$  : Lendutan Rata-Rata
- $E$  : Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan
- $FK$  : Faktor Keseragaman
- $FK_{ijin}$  : Faktor Keseragaman Yang Diijinkan
- $F_o$  : Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah (*overlay*)
- $F_t$  : Faktor Penyesuaian Lendutan Terhadap Temperatur Standar
- $FK_{B-BB}$  : Faktor Koreksi Beban Uji *Benkelman Beam* (BB)
- $FKTBL$  : Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian
- $H_o$  : Tebal Lapis Tambah Sebelum Dikoreksi
- $H_L$  : Tebal lapis beraspal
- $H_t$  : Tebal Lapis Tambah Setelah Dikoreksi
- $i$  : Angka pertumbuhan lalu lintas
- $IP$  : Indeks permukaan (*serviceability index*)
- $L$  : Lebar perkerasan

- LHR : Lalu lintas harian rata-rata
- LHRT : LHR akhir umur rencana
- LHR<sub>o</sub> : LHR umur rencana
- Ln : Logaritma natural
- KM : Kilometer
- M : Meter
- M<sub>R</sub> : Modulus resillien
- MM : Milimeter
- N : Faktor Hubungan Antara Umur Rencana Dengan Perkembangan  
Lalu Lintas
- n : Umur Rencana
- n<sub>s</sub> : Jumlah Titik Pemeriksaan Pada Suatu Seksi Jalan
- q : Volume lalu lintas
- r : Angka Pertumbuhan Lalu Lintas
- s : Deviasi Standar
- SDRG : Sumbu Dual Roda Ganda
- STRG : Sumbu Tunggal Roda Ganda
- STRT : Sumbu Tunggal Roda Tunggal
- STrRG : Sumbu Triple Roda Ganda
- STA : Stasiun
- SN :Structural Number
- T : Interval waktu pengamatan
- TPRT : Temperatur Perkerasan Rata-Rata Tahunan
- T<sub>b</sub> : Temperatur Bawah Lapis Beraspal
- T<sub>L</sub> : Temperatur Lapis Beraspal
- T<sub>p</sub> : Temperatur Permukaan Perkerasan Beraspal
- T<sub>t</sub> : Temperatur Tengah Lapisan Beraspal
- T<sub>u</sub> : Temperatur Udara
- E : Modulus Elastisitas

