

**PENGARUH PERUBAHAN BEBAN LALU LINTAS TERHADAP KERUSAKAN RETAK DAN
DEFLEKSI PADA PERKERASAN BETON BERSAMBUNG TANPA TULANGAN DENGAN
PENAMBAHAN TULANGAN PRAKTIS PADA JALAN PROPINSI JAWA TENGAH DI RUAS
SURAKARTA-GEMOLONG-GEYER**

*THE EFFECT OF CHANGES IN TRAFFIC ON CRACK DAMAGE AND DEFLECTION IN CONSTINOUS
REINFORCED CONCRETE PAVEMENT WITH PRACTICAL REINFORCEMENT ON THE CENTRAL JAVA
PROVINCE SURAKARTA-GEMOLONG-GEYER ROAD*

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Sebelas Maret

Surakarta



Oleh:

NABILLA SALMAH PERMADI

NIM. I0116087

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2020

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH PERUBAHAN BEBAN LALU LINTAS TERHADAP KERUSAKAN RETAK DAN DEFLEKSI PADA PERKERASAN BETON BERSAMBUNG TANPA TULANGAN DENGAN PENAMBAHAN TULANGAN PRAKTIS PADA JALAN PROPINSI JAWA TENGAH DI RUAS SURAKARTA-GEMOLONG-GEYER

THE EFFECT OF CHANGES IN TRAFFIC ON CRACK DAMAGE AND DEFLECTION IN CONTINUOUS REINFORCED CONCRETE PAVEMENT WITH PRACTICAL REINFORCEMENT ON THE CENTRAL JAVA PROVINCE SURAKARTA-GEMOLONG-GEYER ROAD



Disusun Oleh :

Nabilla Salmah Permadi
I0116087

Telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan Tim Penguji Pendarasan
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Persetujuan

Desen Pembimbing 1

05 Maret 2021

Ir. Ary Setyawan M.Sc., Ph.D.
NIP 196612041995121001

Dosen Pembimbing 2

05 Maret 2021

Wibowo S.T., DEA.
NIP 196810071995021001

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PERUBAHAN BEBAN LALU LINTAS TERHADAP KERUSAKAN RETAK DAN DEFLEKSI PADA PERKERASAN BETON BERSAMBUNG TANPA TULANGAN DENGAN PENAMBAHAN TULANGAN PRAKTIS PADA JALAN PROPINSI JAWA TENGAH DI RUAS SURAKARTA-GEMOLONG-GEYER

THE EFFECT OF CHANGES IN TRAFFIC ON CRACK DAMAGE AND DEFLECTION IN CONTINUOUS REINFORCED CONCRETE PAVEMENT WITH PRACTICAL REINFORCEMENT ON THE CENTRAL JAVA PROVINCE SURAKARTA-GEMOLONG-GEYER ROAD

SKRIPSI

Disusun Oleh :

Nabilla Salmah Permadi
I0116087

Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Pendaaran Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta pada hari senin, 25 Januari 2021

1 Ir. Ary Setyawan M.Sc.,Ph.D.

NIP 196612041995121001

2 Wibowo S.T., DEA.

NIP 196810071995021001

3 Dr. Senot Sangadji S.T., M.T.

NIP 197208072000031002

4 Dr. Eng Halwan Alfisa Saifullah S.T., M.T.

NIP 1986031120130201

Disahkan, **05 Maret 2021**

Kepala Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS



Dr. Niken Silmi Surjandari S.T., M.T
NIP 196909031997022001

MOTTO

“You will never be ready, just start”



HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur atas berkat rahmat Allah SWT atas nikmat iman, nikmat sehat dan nikmat ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan pengerjaan laporan skripsi ini. Dengan penuh rasa hormat, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terma kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Permadi Mulajaya dan Ibu Retno Prihandini serta keluarga dan saudara atas segala kasih sayang, dukungan, motivasi dan nasihat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga Allah SWT selalu menjaga dan melindungi di dunia maupun di akhirat.
2. Bapak Ir. Ary Setyawan, M.Sc, Ph.D. beserta Bapak Wibowo, S.T.,D.E.A. selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dengan penuh kebaikan dan kesabaran. Semoga Allah selalu mencurahkan rahmat kepada Bapak Ary Setyawan dan Bapak Wibowo.
3. Tim Skripsi Rigid Pavement yang telah membantu dan bekerjasama dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Teman-teman yang telah kebersamai dari dulu sampai sekarang dan memberikan segala nasihat serta menjadi tempat keluh kesah.
5. Teman-teman Teknik Sipil UNS angkatan 2016 dan angkatan lainnya, yang banyak membantu baik dalam bidang akademis kampus ataupun non akademis.

ABSTRAK

Nabilla Salmah Permadi, 2020. Pengaruh Perubahan Beban Lalu Lintas Terhadap Kerusakan Retak dan Defleksi pada Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan Dengan Penambahan Tulangan Praktis pada Jalan Propinsi Jawa Tengah di Ruas Surakarta-Gemolong-Geyer. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.

Jalan Provinsi Jawa Tengah Ruas Surakarta - Gemolong – Geyer masih saja mengalami kerusakan struktural jalan. Kondisi tanah di daerah tersebut yang memiliki sifat *expansive* diduga menjadi penyebab kerusakan ruas jalan tersebut. Melihat kondisi ini, Bina Marga menginisiasi untuk melakukan perubahan jenis desain perkerasan kaku yang awalnya menggunakan jenis perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan menjadi perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dengan penambahan tulangan praktis.

Metode penelitian ini menggunakan perhitungan *Westergaard* dan program ATENA 3D sebagai pembandingnya. Pada analisis struktur perkerasan kaku ini pembebanan pada pelat beton menggunakan dua jenis pembebanan, yaitu pembebanan tengah dan pembebanan tepi. Analisis perhitungan *Westergaard* dan program ATENA 3D akan menghasilkan retak dan defleksi yang terjadi pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dengan penambahan tulangan praktis.

Pelat beton tersebut dianalisis menggunakan perhitungan *Westergaard* dan ATENA 3D dengan nilai CBR 2% dan tebal pelat sebesar 25 cm memiliki nilai retak dan defleksi yang masih memenuhi batas maksimal dari nilai persentase retak dan defleksi izin sebesar 30% dan 16,67 mm.

Kata kunci : Perkerasan Kaku, Lendutan, Tegangan, *Westergaard*, SAP 2000, ATENA.

ABSTRACT

Nabilla Salmah Permadi, 2020. *The Effect Of Changes In Traffic On Crack Damage And Deflection In Constinous Reinforced Concrete Pavement With Practical Reinforcement On The Central Java Province Surakarta-Gemolong-Geyer Road.* Essay. Civil Engineering Study Program Faculty of Engineering, Sebelas Maret State University, Surakarta.

Central Java Province Surakarta – Gemolong – Geyer Road still has road structural damage. The expansive soil in the area are thought to be the cause of the damage. Because of this situation, Bina Marga initiated to change the type of rigid pavement design from jointed unreinforced concrete pavement into jointed unreinforced with jointed practical reinforced concrete pavement.

The research method used Westergaard calculation and ATENA program. In this analysis, loading on concrete plates used two types of loading, middle loading and edge loading. The output of analysis Westergaard and ATENA is stress and deflection of jointed unreinforced with jointed practical reinforced concrete pavement.

The concrete plates slab will be analyzed using Westergaard calculation and ATENA with the CBR value 2 % and plate thickness is 25 cm. this plate has deflection and stress values that are still safe from the maximum allowable deflection and stress values, which are 16,67 mm and 3,6 Mpa.

Key Words : *Rigid Pavement, Deflection, Stress, Westergaard, ATENA*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul *Prediksi Defleksi dan Tegangan pada Perkerasan Eksisting Beton Bersambung Tanpa Tulangan dengan Penambahan Tulangan Praktis pada Jalan Provinsi Jawa Tengah Ruas Surakarta – Gemolong – Geyer*.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak banyak kendala yang sulit untuk penulis hadapi sehingga terselesaikannya penyusunan skripsi ini. Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Ir. Ary Setiawan, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I skripsi. Terimakasih atas semua waktu, bimbingan, motivasi, serta bantuannya selama penyusunan skripsi ini sampai selesai.
3. Wibowo, S.T.,D.E.A. selaku Dosen Pembimbing II skripsi. Terimakasih atas semua waktu, bimbingan, motivasi, serta bantuannya selama penyusunan skripsi ini sampai selesai.
4. Dr. Ir. Arif Budiarto, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik. Terimakasih atas semua waktu, bimbingan, motivasi, serta bantuannya selama penyusunan skripsi ini sampai selesai.
5. Semua Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
6. Orang tua tercinta Bapak Permadi Mulajaya dan Ibu Retno Prihandini, serta keluarga dan saudara, terimakasih atas segala doa, semangat dan dukungannya.
7. Seluruh anggota tim Rigid Pavement dan rekan – rekan Teknik Sipil 2016, semoga dengan semua yang telah terlewati ini kita menjadi pribadi yang lebih baik. Semoga kita semua sukses kedepannya dan selamat berjuang.
8. Semua orang yang telah terlibat baik langsung atau secara tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa Penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan, semoga skripsi ini dapat berguna bagi pihak-pihak yang membutuhkan, khususnya bagi penulis sendiri.

Surakarta, 8 Desember
2020

Penyusun



Daftar Isi

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR.....	
DAFTAR NOTASI.....	
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Tanah Ekspansif	7
2.2.1.1 Definisi Tanah Ekspansif.....	7

2.2.1.2 Parameter Karakteristik Tanah Ekspansif	8
2.2.2 Perkerasan Kaku.....	9
2.2.3 Analisis Struktur Perkerasan Jalan.....	10
2.2.3.1 Analisis dengan menggunakan Program ATENA	11
2.2.3.2 Analisis dengan menggunakan Program SAP 2000	11
2.2.4 Standar Perencanaan	12
2.2.4.1 Volume Lalu Lintas.....	12
2.2.4.2 Muatan Sumbu Terberat.....	13
2.2.4.3 Vehicle Damage Factor.....	14
2.2.4.4 Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESA).....	15
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Lokasi Penelitian.....	19
3.2 Jenis Penelitian.....	19
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	19
3.3.1 ATENA	20
3.4 Tahapan Penelitian.....	21
3.5 Time Schedule.....	23
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Identifikasi Kondisi Jalan.....	24
4.1.1 Ruas Jalan Surakarta-Gemolong-Geyer.....	24
4.1.2 Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata	25
4.2 Analisis Struktur Perkerasan Kaku	26
4.2.1 Perhitungan Metode <i>Westergaard</i>	26
4.2.2 Program ATENA	27
4.2.3 Modulus Elastisitas Beton Bertulang.....	28
4.2.4 Pembebanan Beban Gandar Rencana.....	28
4.2.5 Parameter Analisis Struktur <i>Subgrade</i> Jalan.....	30
4.2.5.1 Modulus Reaksi Tanah Dasar (Ks)	30
4.2.5.2 Menentukan Kekakuan <i>Spring</i>	31
4.2.5.3 Defleksi Ijin Maksimum	34

4.3 Analisis Desain Perkerasan Kaku Bersambung dengan Penambahan Tulangan Praktis.....	34
4.3.1 Data Perencanaan Perkerasan Kaku Bersambung dengan Penambahan Tulangan Praktis.....	36
4.3.2 Analisis Menggunakan Metode <i>Westergaard</i>	37
4.3.2.1 Perhitungan Menggunakan Metode <i>Wastergaard</i> pada Beban Rencana	37
4.3.2.2 Perhitungan Menggunakan Metode <i>Westergaard</i> pada Beban Aktual	39
4.3.2.3 Rekapitulasi Defleksi Maksimum pada Metode <i>Westergaard</i>	42
4.3.3 Analisis Menggunakan ATENA	42
4.3.3.1 Pemodelan Perkerasan Kaku Bersambung dengan Penambahan Tulangan Praktis.....	42
4.3.3.2 Hasil Analisis Perkerasan Kaku Bersambung dengan Penambahan Tulangan Praktis pada Beban Rencana.....	43
4.3.3.3 Hasil Analisis Perkerasan Kaku Bersambung dengan Penambahan Tulangan Praktis pada Beban Aktual	48
4.4 Evaluasi Hasil Analisis <i>Westergaard</i> dan ATENA 3D	54
4.4.1 Evaluasi Hasil Analisis Defleksi Maksimal Perkerasan Kaku.....	54
4.4.2 Evaluasi Hasil Analisis Pola Retak Perkerasan Kaku.....	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	
Lampiran A	A-1
Lampiran B.....	B-1
Lampiran C.....	C-1

Lampiran DD-1

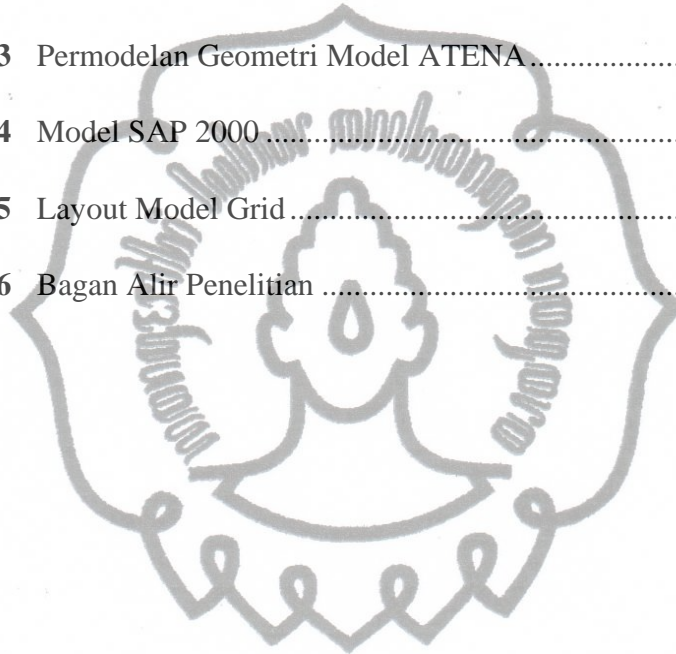


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jangkauan Nilai Banding <i>Poisson's Ration</i>	8
Tabel 2.2 Nilai VDF	15
Tabel 2.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas	16
Tabel 3.1 Time Schedule Penelitian.....	23
Tabel 4.1 Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata	26
Tabel 4.2 Data Umum Analisis Struktur Persamaan <i>Westergaard</i>	27
Tabel 4.3 Data Umum Analisis Struktur Program ATENA.....	27
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Metode <i>Westergaard</i>	42
Tabel 4.5 Hasil Analisis Defleksi Beban Rencana Menggunakan Program ATENA pada Pembebanan Tepi.....	44
Tabel 4.6 Hasil Analisis Defleksi Beban Rencana Menggunakan Program ATENA pada Pembebanan Tengah	45
Tabel 4.7 Hasil Analisis Defleksi Beban Aktual Menggunakan Program ATENA pada Pembebanan Tepi.....	49
Tabel 4.8 Hasil Analisis Defleksi Beban Aktual Menggunakan Program ATENA pada Pembebanan Tengah	50
Tabel 4.9 Hasil Analisis Defleksi Maksimum dengan <i>Westergaard</i> dan Program ATENA	54
Tabel 4.10 Persentase Retak dengan Program ATENA.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Muatan Sumbu Terberat Kendaraan.....	14
Gambar 2.2	Penyebaran Beban Lapis Perkerasan Jalan.....	14
Gambar 3.1	Peta Lokasi Ruas Jalan	18
Gambar 3.2	Pendefinisian Geometri Model ATENA	18
Gambar 3.3	Permodelan Geometri Model ATENA.....	18
Gambar 3.4	Model SAP 2000	19
Gambar 3.5	Layout Model Grid	20
Gambar 3.6	Bagan Alir Penelitian	21



Gambar 4.1	Ruas Jalan Surakarta-Gemolong-Geyer	24
Gambar 4.2	Pelaksanaan Peningkatan Jalan Surakarta-Gemolong-Geyer	25
Gambar 4.3	Desain <i>Axle Load</i> Standar	29
Gambar 4.4	Ekivalensi Luas Bidang Kontak Lingkaran	29
Gambar 4.5	Area Kontak Roda.....	30
Gambar 4.6	Hubungan Antara CBR dan Modulus Reaksi Tanah Dasar ...	30
Gambar 4.7	Model Tumpuan Pegas pada Perkerasan Kaku	31
Gambar 4.8	Potongan Melintang Desain Perkerasan Jalan	35
Gambar 4.9	Potongan Memanjang Desain Perkerasan Jalan.....	35
Gambar 4.10	Detail Potongan Memanjang Desain Perkerasan Jalan	36
Gambar 4.11	Perletakan Beban pada Model Perkerasan Kaku.....	43
Gambar 4.12	Pola Diagram Lendutan Beban Rencana dengan Pembebanan 1 pada Program ATENA	45
Gambar 4.13	Pola Diagram Lendutan Beban Rencana dengan Pembebanan Tengah pada Program ATENA	46
Gambar 4.14	Pola Retak Beban Rencana pada Pembebanan Tepi	47
Gambar 4.15	Pola Retak Beban Rencana pada Pembebanan Tengah	48
Gambar 4.16	Pola Diagram Lendutan Beban Aktual dengan Pembebanan Tepi pada Program ATENA	49
Gambar 4.17	Pola Diagram Lendutan Beban Aktual dengan Pembebanan Tengah pada Program ATENA	51
Gambar 4.18	Pola Retak Beban Aktual pada Pembebanan Tepi	52
Gambar 4.19	Pola Retak Beban Aktual pada Pembebanan Tengah.....	53

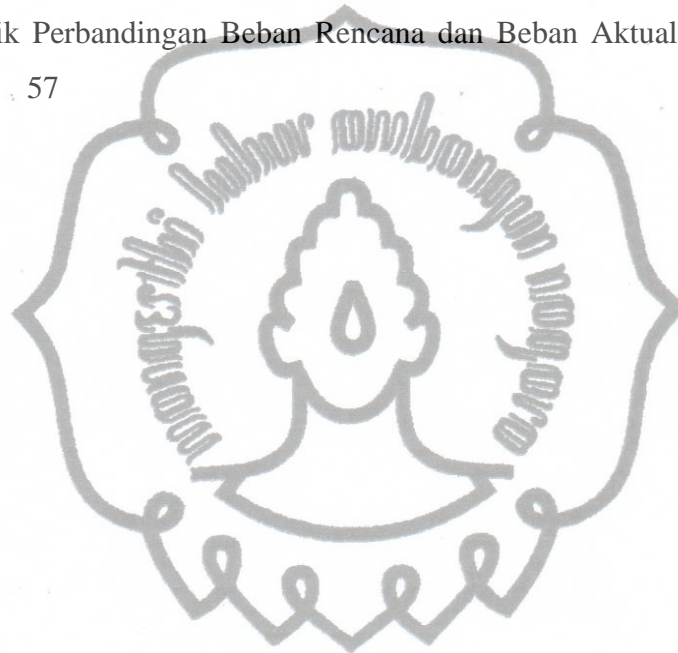
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Beban Rencana dan Beban Aktual pada Defleksi Maksimum Westergaard 55

Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Beban Rencana dan Beban Aktual pada Defleksi Maksimum ATENA 3D 55

Gambar 4.22 Pola Retak pada Pembebanan Tengah..... 56

Gambar 4.23 Pola Retak pada Pembebanan Tepi 56

Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Beban Rencana dan Beban Aktual pada Persentase Retak ATENA 3D 57



DAFTAR NOTASI

a	: Jari-jari distribusi yang setara
b	: Jari-jari bidang kontak diasumsikan melingkar
CBR	: <i>California Bearing Ratio</i>
E	: Modulus Elastisitas
Es	: Modulus Elastisitas Tanah
Ec	: modulus Elastisitas Beton
ESAL	: <i>Equivalent Standart Axle Load</i>
f'c	: Kuat Tekan Karakteristik Beton
fs	: Kuat Lentur Karakteristik Beton
Gs	: <i>Specific Gravity</i>
H	: Ketebalan Slab
j1,j2,j3	: Titik nodal
Ks	: Modulus Reaksi Tanah Dasar
Kv	: Modulus Reaksi Tanah Dasar Arah Vertikal
Kh	: Modulus Reaksi Tanah Dasar Arah Horisontal
k1,k2,k3	: Konstanta kekakuan pegas
m	: Massa Jenis
MST	: Muatan Sumbu Terberat
q	: Tekanan ban
qu	: Daya dukung Tanah Ultimit
SAP	: <i>Structure analysis Program</i>
W	: Berat Jenis
δ	: Lendutan yang diijinkan
μ	: Poisson's ratio
σ	: Tegangan tarik
Δ	: Displacement
ℓ	: Jari-jari kekakuan relatif