

**PENGARUH VARIASI NILAI CBR TERHADAP KERUSAKAN RETAK DAN
DEFLEKSI PADA PERKERASAN BETON BERSAMBUNG TANPA
TULANGAN DENGAN PENAMBAHAN TULANGAN PRAKTIS PADA
JALAN PROVINSI JAWA TENGAH RUAS SURAKARTA – GEYER**

*THE EFFECT OF CBR VALUE VARIATION TO CRACK DAMAGE AND
DEFLECTION ON JOINTED PLAIN CONCRETE PAVEMENT WITH PRACTICAL
REINFORCEMENT ADDITION ON THE CENTRAL JAVA PROVINCIAL ROAD IN
SURAKARTA – GEYER ROAD*

SKRIPSI

*Disusun Sebagai Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Surakarta*



Oleh:

MUHAMMAD RIFAEEL HAMDI

NIM. I0116070

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

Pengaruh Variasi Nilai CBR Terhadap Kerusakan Retak dan Defleksi pada Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan dengan Penambahan Tulangan Praktis pada Jalan Provinsi Jawa Tengah di Ruas Surakarta – Geyer

The Effect of CBR Value Variation to Crack Damage and Deflection on Jointed Plain Concrete Pavement with Practical Reinforcement Addition on The Central Java Provincial Road in Surakarta – Geyer Road



Disusun Oleh :

MUHAMMAD RIFAEEL HAMDI

I 0116070

Telah disetujui untuk diperatahkan di hadapan Tim Penguji Sidang Pendadaran Program
Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Persetujuan

Dosen Pembimbing I



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

NIP. 19700909 199802 1 001

Dosen Pembimbing II



Wibowo, S.P., DEA

NIP. 19690425 199802 1 001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Pengaruh Variasi Nilai CBR Terhadap Kerusakan Retak dan Defleksi pada Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan dengan Penambahan Tulangan Praktis pada Jalan Provinsi Jawa Tengah di Ruas Surakarta – Geyer

The Effect of CBR Value Variation to Crack Damage and Deflection on Jointed Plain Concrete Pavement with Practical Reinforcement Addition on The Central Java Provincial Road in Surakarta – Geyer Road

Disusun Oleh:

MUHAMMAD RIFAEEL HAMDI

I 0116070

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 26 Januari 2021

Tim Penguji

Nama/NIP

Tanda Tangan

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

NIP. 19700909 199802 1 001

2. Wibowo, S.T., DEA

NIP. 19690425 199802 1 001

3. Ir. Djoko Sarwono M.T.

NIP. 19600415 199201 1 001

4. Edy Purwanto S.T., M.T.

NIP. 19680912 199702 1 001

Disahkan,

Tanggal : **24 Februari 2021**

Kepala Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS

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

NIP. 196909031997022001

commit to user

MOTTO

“There will always a way, you just only need to find it.

If you don't, then make it.”

Muhammad Rifael Hamdi



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 Orang tua tercinta, Bapak Ahmad Damamini dan Ibu Diantri Yanti 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.



ABSTRAK

Muhammad Rifael Hamdi, 2020. Pengaruh Variasi Nilai CBR Terhadap Kerusakan Retak dan Defleksi pada Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan dengan Penambahan Tulangan Praktis pada Jalan Provinsi Jawa Tengah di Ruas Surakarta -- Geyer Skripsi. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta.

Jalan Provinsi Jawa Tengah yang terletak pada ruas jalan Surakarta – Gemolong – Geyer mengalami kerusakan yang diduga disebabkan oleh sifat ekspansif yang dimiliki oleh lapisan tanah dasar (*subgrade*) jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi stabilitas desain struktur perkerasan dengan adanya penambahan tulangan praktis berdasarkan angka keamanan terhadap lendutan dan kerusakan retak sehingga dapat diketahui apakah desain aman atau tidak untuk digunakan.

Metode penelitian dilakukan dengan menganalisis pengaruh variasi nilai CBR terhadap kerusakan retak dan lendutan. Variasi nilai CBR tersebut adalah CBR 2%, 3%, 4%, 5%, dan 6%. Dimensi pelat beton perkerasan kaku sebesar 6 x 3.5 x 0.25 m. Analisis dilakukan dengan metode analisis westergaard dan program ATENA. Pada penelitian ini menggunakan dua model pembebanan yaitu pembebanan tepi dan tengah. Westergaard memiliki *output* berupa lendutan sedangkan ATENA berupa lendutan, visualisasi pola retak pada perkerasan. Hasil tersebut digunakan sebagai pertimbangan nilai CBR optimum yang dapat digunakan pada ruas Jalan Surakarta – Gemolong – Geyer.

Hasil analisis westergaard didapatkan persamaan untuk lendutan pada pembebanan tengah $y = -0,028x + 0,3455$ $R^2 = 0,8864$, dan pembebanan tepi $y = -0,2366x + 2,88$ $R^2 = 0,8856$. Berdasarkan hasil analisis ATENA didapatkan persamaan untuk lendutan pada pembebanan tengah $y = -1,0646x + 8,7186$ $R^2 = 0,8637$, dan pembebanan tepi $y = -1,1672x + 9,7806$ $R^2 = 0,8399$, dan persamaan untuk lebar retak pada pembebanan tengah adalah $y = -0,0621x + 0,7407$ $R^2 = 0,8556$, dan pembebanan tepi adalah $y = -0,0378x + 0,724$ $R^2 = 0,9672$. Berdasarkan hasil persamaan tersebut dengan variasi nilai CBR menggunakan metode westergaard dan program ATENA didapatkan nilai CBR optimum yang memenuhi syarat lendutan izin dan lebar retak izin baik pada pembebanan tengah maupun tepi dengan nilai CBR $\geq 4\%$.

Kata Kunci : *Lendutan, CBR, Perkerasan Kaku, ATENA.*

ABSTRACK

Muhammad Rifael Hamdi, 2020. *The Effect of CBR Value Variation to Crack Damage and Deflection on Jointed Plain Concrete Pavement with Practical Reinforcement Addition on The Central Java Provincial Road in Surakarta – Geyer Road*. Essay. Civil Engineering Study Program Faculty of Engineering, Sebelas Maret State University, Surakarta.

Central Java provincial road which is located on Surakarta – Gemolong – Geyer road section was damaged presumably caused by road subgrade soil expansiveness characteristic. This study aims to analyze and evaluate stability of rigid pavement structure with practical reinforcement addition design based on safety factor to deflection and crack damages, thus it can be known whether the design is safe to be applied.

This study method done by analyzing the affect of CBR value variation on crack damage and deflection. CBR value variation such as CBR 2%, 3%, 4%, 5%, and 6%. Rigid pavement slab dimension is 6 x 3.5 x 0.25 m. Analysis done with westergaard analytical method and ATENA program. This research uses two load models such as middle and edge loading. Westergaard output is deflection while ATENA output are deflection, and crack patterns visualization. The output used as consideration for the optimum CBR value to be used on Surakarta – Gemolong – Geyer road.

From westergaard analysis result the equation for interior load deflection is $y = -0,028x + 0,3455$ $R^2 = 0,8864$, and the equation for edge load deflection is $y = -0,2366x + 2,88$ $R^2 = 0,8856$. From ATENA analysis result the equation for interior load deflection is $y = -1,0646x + 8,7186$ $R^2 = 0,8637$, and the equation for edge load deflection is $y = -1,1672x + 9,7806$ $R^2 = 0,8399$, moreover the interior load cracks width equation is $y = -0,0621x + 0,7407$ $R^2 = 0,8556$, and for the edge load cracks width equation is $y = -0,0378x + 0,724$ $R^2 = 0,9672$. From the analysis output on CBR value variation using westergaard analytical method and ATENA program got the optimum CBR value which qualify the permitted damage on middle load as well as edge load is $CBR \geq 4\%$.

Keywords: Deflection, CBR, Rigid Pavement, ATENA.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Nilai CBR Terhadap Kerusakan Retak dan Defleksi pada Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan dengan Penambahan Tulangan Praktis pada Jalan Provinsi Jawa Tengah di Ruas Surakarta – Geyer”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak banyak kendala yang sulit untuk penyusun hadapi sehingga terselesaikanya 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 Setyawan, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I skripsi. Terimakasih atas semua waktu, bimbingan, motivasi, serta bantuanya selama penyusunan skripsi ini sampai selesai.
3. Wibowo S.T., DEA selaku Dosen Pembimbing II skripsi. Terimakasih atas semua waktu, bimbingan, motivasi, serta bantuanya selama penyusunan skripsi ini sampai selesai.
4. Prof. Stefanus Adi Kristiawan S.T., M.Sc., Ph.D.selaku Dosen Pembimbing Akademik. Terimakasih atas semua waktu, bimbingan, motivasi, serta bantuanya 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 Ahmad Damamini dan Ibu Diantri Yanti, 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. Esti Fany Vidia yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta menemani segala proses pengerjaan skripsi dari awal hingga akhir. Semoga Allah SWT selalu memudahkan saudari dalam setiap langkah yang dilalui.
9. Teman-teman Teknik Sipil UNS angkatan 2016 dan angkatan lainnya, atas bantuan, pelajaran yang telah diberikan, dan telah kebersamaan selama proses perkuliahan sedari tahun pertama hingga tahun akhir perkuliahan.
10. 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, Januari 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
LEMBAR PERSETUJUAN	II
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	III
MOTTO	IV
PERSEMBAHAN	V
ABSTRAK	VI
ABSTRACK	VII
PRAKATA	VIII
DAFTAR ISI	X
DAFTAR TABEL	XIII
DAFTAR GAMBAR	XIV
DAFTAR NOTASI	XVI
DAFTAR LAMPIRAN	XVII
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Perkerasan Kaku	8

2.2.2 Tanah Ekspansif-----	10
2.2.3 <i>California Bearing Ratio</i> -----	12
2.2.4 Analisis Struktur Perkerasan -----	12
2.2.5 Parameter Karakteristik Tanah Dasar -----	22
2.2.6 Muatan Sumbu Terberat (MST) -----	24
BAB III METODE PENELITIAN -----	27
3.1 Lokasi Penelitian -----	27
3.2 Jenis Penelitian-----	28
3.3 Pengumpulan Data -----	28
3.3.1 Program ATENA -----	29
3.3.2 Metode Westergaard-----	31
3.4 Tahapan Penelitian -----	32
BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN-----	34
4.1 Data Kondisi Umum -----	34
4.1.1 Ruas Jalan Surakarta – Gemolong – Geyer -----	34
4.1.2 Kegiatan Rehabilitasi Struktur Perkerasan pada Ruas Jalan Surakarta – Gemolong – Geyer -----	35
4.2 Analisis Struktur Perkerasan Kaku-----	35
4.2.1 Parameter Analisis Struktur Subgrade Jalan -----	35
4.2.2 Modulus Elastisitas Beton Bertulang -----	41
4.3 Analisis Desain Perkerasan Kaku Bersambung dengan Penambahan Tulangan Praktis-----	42
4.3.1 Data Umum Perencanaan Perkerasan Kaku Bersambung dengan Penambahan Tulangan Praktis-----	44
4.4 Analisis dengan Menggunakan Metode <i>Westergaard</i> -----	45
4.4.1 Perhitungan Menggunakan Metode Westergaard -----	46

4.5	Analisis dengan Menggunakan Program ATENA -----	49
4.5.1	Properti Material -----	50
4.5.2	Menentukan Nilai Kekakuan Spring -----	51
4.5.3	Pemodelan dengan Menggunakan Program ATENA -----	54
4.5.4	Hasil Analisis Perkerasan Kaku dengan Program ATENA -----	56
4.6	Evaluasi Hasil Analisis Struktur Perkerasan Kaku -----	73
4.6.1	Evaluasi Hasil Analisis Lendutan Perkerasan Kaku antara Persamaan <i>Westergaard</i> dengan Program ATENA -----	73
4.6.2	Evaluasi Hasil Analisis Pola Retak Perkerasan Kaku -----	75
4.6.3	Evaluasi Hasil Analisis Lebar Retak Perkerasan Kaku -----	79
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN -----	82
5.1	Kesimpulan -----	82
5.2	Saran -----	83
DAFTAR PUSTAKA -----		84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indikasi Perkiraan Nilai CBR.....	6
Tabel 2.2 Lendutan Ijin Maksimum	13
Tabel 2.3 Berat Jenis Tanah (Gs)	22
Tabel 2.4 Jangkauan Nilai Poisson's Ratio	23
Tabel 2.5 Kelas Jalan Berdasarkan Muatan Sumbu Terberat	24
Tabel 3.1 Data dan Sumber Data yang Digunakan	28
Tabel 4.1 Nilai Hubungan nilai CBR dengan Modulus Reaksi Tanah -----	37
Tabel 4.2 Nilai Kekakuan Spring -----	38
Tabel 4.3 Modulus Elastisitas Tanah Dasar -----	39
Tabel 4.4 Nilai Poisson's Ratio -----	39
Tabel 4.5 Daya Dukung Tanah (DDT)-----	41
Tabel 4.6 Data Umum Analisis Struktur Menggunakan Metode Westergaard-----	45
Tabel 4.7 Output Defleksi Perkerasan Kaku Pembebanan Tepi Nilai CBR 2% sampai CBR 6% -----	57
Tabel 4.8 Output Defleksi Perkerasan Kaku Pembebanan Tengah Nilai CBR 2% sampai CBR 6%-----	58
Tabel 4.9 Perbandingan Data Masukan dan Data Keluaran Program ATENA dan metode westergaard-----	69
Tabel 4.10 Evaluasi Lendutan Struktur Perkerasan Kaku antara Program ATENA dengan Persamaan Westergaard -----	73
Tabel 4.11 Persentase Kerusakan Retak dengan Program ATENA-----	78
Tabel 4.12 Evaluasi Kerusakan Lebar Retak pada Perkerasan Kaku-----	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Lapisan Perkerasan Kaku pada Tanah Dasar -----	9
Gambar 2.2 Hukum Tegangan-Regangan Uniaksial Beton -----	14
Gambar 2.3 Hukum Tegangan-Regangan Baja Tulangan -----	15
Gambar 2.4 Metode Newton-Raphson -----	16
Gambar 2.5 Pemodelan Struktur Pembebanan Tengah -----	17
Gambar 2.6 Pemodelan Struktur Pembebanan Tepi -----	17
Gambar 2.7 Model Tumpuan Spring Perkerasan Kaku k_1 , k_2 , dan k_3 -----	18
Gambar 2.8 Pola pembebanan pada plat menurut Westergaard Solution -----	20
Gambar 2.9 Desain Axle Load, Standard Axle Load = 80 kN = 8.16 ton -----	25
Gambar 2.10 Tire Contact Area -----	26
Gambar 3.1 Peta Lokasi Ruas Jalan Penelitian -----	27
Gambar 3.2 Mendefinisikan Geometri Model ATENA -----	30
Gambar 3.3 Pemodelan Geometri Model ATENA -----	30
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian -----	32
Gambar 4.1 Sketsa Potongan Melintang Ruas Jalan Surakarta – Gemolong – Geyer -----	34
Gambar 4.5 Model Tumpuan Pegas pada Perkerasan Kaku -----	35
Gambar 4.6 Hubungan CBR dengan Modulus Reaksi Tanah Dasar -----	36
Gambar 4.7 Grafik Korelasi Nilai CBR dengan DDT -----	40
Gambar 4.8 Potongan Melintang (A-A) Perkerasan Kaku Ruas Jalan Surakarta -- Geyer -----	42
Gambar 4.9 Potongan Memanjang (B-B) Perkerasan Kaku Ruas Jalan Surakarta – Geyer -----	43
Gambar 4.10 Detail Potongan Memanjang Perkerasan Kaku Ruas Jalan Surakarta – Geyer -----	43
Gambar 4.11 Hubungan Nilai CBR dengan Lendutan dengan Menggunakan Metode Westergaard -----	49
Gambar 4.12 Peletakan Beban pada Model Perkerasan Kaku -----	55

Gambar 4.13 Model Perkerasan Kaku-----	55
Gambar 4.14 Diagram Lendutan Perkerasan Kaku Pembebanan Tengah-----	59
Gambar 4.15 Diagram Lendutan Perkerasan Kaku Pembebanan Tepi -----	59
Gambar 4.16 Pola Retak Perkerasan Kaku Pembebanan Tepi dengan CBR 2%----	61
Gambar 4.17 Pola Retak Perkerasan Kaku Pembebanan Tepi dengan CBR 3%----	62
Gambar 4.18 Pola Retak Perkerasan Kaku Pembebanan Tepi dengan CBR 4%----	62
Gambar 4.19 Pola Retak Perkerasan Kaku Pembebanan Tepi dengan CBR 5%----	63
Gambar 4.20 Pola Retak Perkerasan Kaku Pembebanan Tepi dengan CBR 6%----	63
Gambar 4.21 Pola Retak Perkerasan Kaku Pembebanan Tengah dengan CBR 2%	64
Gambar 4.22 Pola Retak Perkerasan Kaku Pembebanan Tengah dengan CBR 3%	65
Gambar 4.23 Pola Retak Perkerasan Kaku Pembebanan Tengah dengan CBR 4%	65
Gambar 4.24 Pola Retak Perkerasan Kaku Pembebanan Tengah dengan CBR 5%	66
Gambar 4.25 Pola Retak Perkerasan Kaku Pembebanan Tengah dengan CBR 6%	66
Gambar 4.26 Hubungan Nilai CBR dengan Lendutan Pembebanan Tepi-----	74
Gambar 4.27 Hubungan Nilai CBR dengan Lendutan Pembebanan Tengah -----	74
Gambar 4.28 Pola Retak pada Pembebanan Tepi-----	76
Gambar 4.29 Pola Retak pada Pembebanan Tengah -----	77
Gambar 4.30 Grafik Hubungan Nilai CBR dengan Persentase Retak ATENA -----	78
Gambar 4.31 Grafik Hubungan Nilai CBR dengan Lebar Retak pada Perkerasan Kaku -----	80

DAFTAR NOTASI

CBR	: <i>California Bearing Ratio</i>
E	: Modulus Elastisitas
E _s	: Modulus Elastisitas Tanah
E _c	: modulus Elastisitas Beton
ESAL	: <i>Equivalent Standart Axle Load</i>
f ^c	: Kuat Tekan Karakteristik Beton
f _s	: Kuat Lentur Karakistik Beton
G _s	: <i>Specific Grafity</i>
H	: Ketebalan Slab
j ₁ ,j ₂ ,j ₃	: Titiknodal
K _s	: Modulus Reaksi Tanah Dasar
K _v	: Modulus Reaksi Tanah Dasar Arah Vertikal
K _h	: Modulus Reaksi Tanah Dasar Arah Horisontal
k ₁ ,k ₂ ,k ₃	: Konstanta kekakuan pegas
m	: Massa Jenis
MST	: Muatan Sumbu Terberat
q	: Tekanan ban
q _u	: 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
b	: Jari-jari bidang kontak diasumsikan melingkar
a	: Jari-jari distribusi yang setara

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Data Penelitian (Sekunder)

Lampiran B Hasil Analisis Program ATENA 3D

Lampiran C Gambar Hasil Analisis Program ATENA 3D

Lampiran D Gambar Pelaksanaan Program ATENA 3D

