

**PENGARUH KETEBALAN BALAS TERHADAP PEMODELAN
NUMERIK STRUKTUR JALAN REL: STUDI KASUS KM. 117+600 DAN
KM.117+800 STASIUN KETAPANG, LAMPUNG UTARA**

*(The Effect of Ballast Thickness on The Numerical Modelling of Railway
Structure: A Case Study on KM. 117+600 and KM.117+800 Ketapang Station,
North Lampung)*



Disusun oleh :

SILFIANA DEWI

20110110124

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2015

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH KETEBALAN BALAS TERHADAP PEMODELAN
NUMERIK STRUKTUR JALAN REL: STUDI KASUS KM. 117+600 DAN
KM.117+800 STASIUN KETAPANG, LAMPUNG UTARA**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana (S1) pada



Telah disetujui dan disahkan oleh:

Tim Penguji

Sri Atmaja P. Rosyidi, ST., M.Sc.Eng., Ph.D.

Dosen Pembimbing I

Tanggal : 22/09/15

Dr.Eng. Agus Setyo Muntohan, ST., MT.

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 22/09/2015

Willis Diana, ST., MT.

Dosen Penguji I

Tanggal :

HALAMAN MOTTO

Formula dari kesuksesan adalah 3 : kerja keras, pantang menyerah, dan berdoa.

(Anonim)

Jawaban dari sebuah keberhasilan adalah senantiasa belajar dan bekerja keras tanpa menyerah.

(Anonim)

Belajarliah dari kesalahan masa lalu, bekerja keras untuk masa kini, dan berharap hasil yang terbaik pada masa depan. Kesalahan akan membuat seseorang belajar untuk menjadi lebih baik lagi dimasa yang akan datang. Ketahuilah bahwa orang yang tidak pernah melakukan kesalahan adalah orang yang tidak pernah atau tidak berani untuk mencoba.

(Anonim)

Ketahuilah bahwa pintar saja belum cukup untuk meraih kesuksesan, maka dari itu kita harus bekerja lebih keras dan lebih cerdas.

(Anonim)

Lakukanlah apa yang kamu cintai, konsistenlah dengan itu, maka kesuksesan akan menyertaimu.

(Anonim)

Untuk mendapatkan kesuksesan, keberanian harus lebih besar daripada ketakutan.

(Anonim)

Tidak ada satu kesuksesan yang tidak disertai dengan kegagalan, maka habiskanlah jatah kegagalanmu.

(Anonim)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Untuk ayahanda dan ibunda tercinta, Suharto dan Suharti, yang telah merawatku sejak masih bayi dan berjuang dengan keras demi masa depan anak-anaknya.

Terimakasih atas segalanya.

Untuk kakakku, Sofi Herawati, terimakasih atas semua nasehat-nasehat dan bimbingannya. Terimakasih atas semuanya.

Untuk teman-teman seperjuanganku, Budiarti, Fadlun Mias, Andri Ariyanto, Nurhuda Agung Pambudi yang telah bersama-sama saling membantu melewati masa-masa sulit ketika menyusun tugas akhir ini. Terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.

Untuk teman hidup dan saudara spesialku di tanah jogja, Evo Darmawansyah dan Sitti Khadijah yang selalu ada di saat susah senang, senantiasa memberikan bantuan dan motivasi. Terimakasih sudah diijinkan bertemu orang-orang yang luar biasa seperti kalian. Terimakasih atas kasih sayang tulusnya, dan semuanya.

Untuk bang edi, bang broery, bang agus yang sudah membantu selama proses pengambilan sampel tanah di Lampung. Terimakasih atas bimbingan dan bantuannya.

Untuk semua sahabat-sahabat Teknik Sipil UMY khususnya angkatan 2011 yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya, sampai jumpa nanti di puncak kesuksesan.

Untuk almamater penulis, semoga semua coretan yang ada dalam Tugas Akhir ini bermanfaat untuk yang lainnya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat melaksanakan dan menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir ini sebagaimana mestinya. Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan studi dalam menempuh pendidikan jenjang S-1 di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penyusun menyampaikan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, dukungan, kritik dan saran sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik, diantaranya :

1. Bapak Jaza'ul Ikhsan, ST., MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ibu Ir. Anita Widianti, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Sri Atmaja P. Rosyidi, ST., M.Sc.Eng., Ph.D., selaku Dosen pembimbing 1 yang telah mengizinkan penulis terlibat dalam penelitiannya dan menjadikannya sebagai Tugas Akhir penulis, serta memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan ini.
4. Bapak Dr.Eng. Agus Setyo Muntohar, ST., M. Eng., Sc., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan ini.
5. Ibu Willis Diana, ST., MT., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
6. Bapak/Ibu Dosen Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas ilmu yang telah diberikan kepada penyusun, dan semoga dapat bermanfaat serta menjadi amal jariyah bagi kita semua.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
INTISARI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Struktur Jalan Rel Kereta Api	5
B. Parameter Material	9
C. Beban Kereta Api	14
D. Pemodelan Numerik PLAXIS 2D	16
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Bagan Alir Penelitian	22
B. Studi Literatur	23
C. Pekerjaan Lapangan	24

D. Pengujian Triaksial	25
E. Pemodelan Numerik	27
F. Parameter Material	28
G. Tahapan Simulasi	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Besar Deformasi Akibat Beban Pada Lapis Jalan Rel	33
B. Pengaruh Tebal Lapisan Balas (<i>ballast</i>) Pada Lapis Jalan Rel Terhadap Nilai Deformasi Vertikal	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
A. Kesimpulan	42
B. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	xiv
LAMPIRAN	xv

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelas jalan dan tipe rel	6
Tabel 2.2 Karakteristik Penampang	7
Tabel 2.3 Nilai perkiraan modulus elastisitas (Bowles, 1997)	10
Tabel 2.4 Hubungan antara jenis tanah dan <i>poisson ratio</i> (Bowles, 1997)	11
Tabel 2.5 Nilai tipikal berat volume tanah	12
Tabel 3.1 Dimensi penampang melintang jalan rel	28
Tabel 3.2 Parameter material yang digunakan dalam pemodelan PLAXIS pada sampel tanah km. 117+800 dan km. 117+600	29
Tabel 3.3 Parameter material lapisan tanah dasar (<i>subgrade</i>)	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar konstruksi jalan rel	5
Gambar 2.2 Gambar penampang rel	6
Gambar 2.3 Jendela parameter model <i>Plane Strain</i>	10
Gambar 2.4 Definisi E_0 dan E_{50} untuk hasil standar uji triaksial terdrainasi (Brikgreve dkk., 1998)	11
Gambar 2.5 Dimensi bantalan beton	13
Gambar 2.6 Jendela parameter <i>Plates</i>	13
Gambar 2.7 Pola distribusi beban kereta api pada struktur jalan rel (Selig dan Water, 1994)	16
Gambar 2.8 Tampilan <i>General setting</i> pada PLAXIS	17
Gambar 2.9 Jendela utama PLAXIS	18
Gambar 2.10 Tampilan <i>input material</i>	18
Gambar 2.11 Tampilan <i>mesh</i>	19
Gambar 2.12 Tampilan <i>Initial Condition</i> pada kondisi <i>pore water pressure</i> ..	20
Gambar 2.13 Jendela <i>calculation</i> pada PLAXIS	20
Gambar 2.14 Tampilan <i>output</i> PLAXIS	21
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	22
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian	23
Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel	24
Gambar 3.4 Tempat pengambilan sampel tanah tanah tidak terusik (<i>undisturb sample</i>)	25
Gambar 3.5 Kondisi <i>Plane strain</i> pada elemen tanah	27
Gambar 3.6 Penampang melintang jalan rel	28
Gambar 3.7 Tampilan <i>mesh</i>	30
Gambar 3.8 Jendela <i>initial conditions</i> untuk <i>generate water pressure</i>	31
Gambar 3.9 Tampilan <i>pore water pressure</i>	31
Gambar 3.10 Jendela <i>input beban</i>	32
Gambar 3.11 Tampilan setelah beban diaktifkan	32

Gambar 4.1 Pola deformasi lapis jalan rel KM. 117+600 dengan ketebalan balas 20 cm	34
Gambar 4.2 Pola deformasi lapis jalan rel KM. 117+800 dengan ketebalan balas 20 cm	34
Gambar 4.3 Pola deformasi lapis jalan rel KM. 117+600 dengan ketebalan balas 30 cm	34
Gambar 4.4 Pola deformasi lapis jalan rel KM. 117+800 dengan ketebalan balas 30 cm	35
Gambar 4.5 Pola deformasi lapis jalan rel KM. 117+600 dengan ketebalan balas 40 cm	35
Gambar 4.6 Pola deformasi lapis jalan rel KM. 117+800 dengan ketebalan balas 40 cm	35
Gambar 4.7 Pola deformasi lapis jalan rel KM. 117+600 dengan ketebalan balas 50 cm	36
Gambar 4.8 Pola deformasi lapis jalan rel KM. 117+800 dengan ketebalan balas 50 cm	36
Gambar 4.9 Pola deformasi lapis jalan rel KM. 117+600 dengan ketebalan balas 60 cm	36
Gambar 4.10 Pola deformasi lapis jalan rel KM. 117+800 dengan ketebalan balas 60 cm	37
Gambar 4.11 Grafik deformasi vertikal dengan ketebalan balas 20 cm	37
Gambar 4.12 Grafik deformasi vertikal dengan ketebalan balas 30 cm	38
Gambar 4.13 Grafik deformasi vertikal dengan ketebalan balas 40 cm	38
Gambar 4.14 Grafik deformasi vertikal dengan ketebalan balas 50 cm	39
Gambar 4.15 Grafik deformasi vertikal dengan ketebalan balas 60 cm	39
Gambar 4.16 Grafik deformasi vertikal pada KM. 117+600	40
Gambar 4.17 Grafik deformasi vertikal pada KM. 117+800	41

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PENGUJIAN TRIAKSIAL KM. 117+600

LAMPIRAN 2 PENGUJIAN TRIAKSIAL KM. 117+800

LAMPIRAN 3 Tabel Hubungan Deformasi Vertikal Dengan Kedalaman Pada
KM. 117+600 Tebal Balas 20 cm

LAMPIRAN 4 Tabel Hubungan Deformasi Vertikal Dengan Kedalaman Pada
KM. 117+800 Tebal Balas 20 cm

LAMPIRAN 5 Tabel Hubungan Deformasi Vertikal Dengan Kedalaman Pada
KM. 117+600 Tebal Balas 30 cm

LAMPIRAN 6 Tabel Hubungan Deformasi Vertikal Dengan Kedalaman Pada
KM. 117+800 Tebal Balas 30 cm

LAMPIRAN 7 Tabel Hubungan Deformasi Vertikal Dengan Kedalaman Pada
KM. 117+600 Tebal Balas 40 cm

LAMPIRAN 8 Tabel Hubungan Deformasi Vertikal Dengan Kedalaman Pada
KM. 117+800 Tebal Balas 40 cm

LAMPIRAN 9 Tabel Hubungan Deformasi Vertikal Dengan Kedalaman Pada
KM. 117+600 Tebal Balas 50 cm

LAMPIRAN 10 Tabel Hubungan Deformasi Vertikal Dengan Kedalaman Pada
KM. 117+800 Tebal Balas 50 cm

LAMPIRAN 11 Tabel Hubungan Deformasi Vertikal Dengan Kedalaman Pada
KM. 117+600 Tebal Balas 60 cm

LAMPIRAN 12 Tabel Hubungan Deformasi Vertikal Dengan Kedalaman Pada
KM. 117+800 Tebal Balas 60 cm

INTISARI

Deformasi pada tanah yang ada pada bagian badan dari jalan rel, akan menyebabkan terjadinya penurunan struktur yang ada di atasnya. Penurunan tanah yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan struktur bangunan (Muntohar, 2009). Oleh karena itu diperlukan suatu upaya tertentu untuk menanggulangi permasalahan tersebut. Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengkaji perilaku dan efektifitas penambahan tebal lapisan balas untuk mengurangi nilai deformasi vertikal pada lapis jalan rel.

Metode Perbaikan tanah dengan penambahan tebal lapisan balas merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengurangi nilai deformasi vertikal pada tanah. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan analisis numerik dengan menggunakan *software* PLAXIS 2D. Pemodelan ini dilakukan untuk menghitung seberapa besar pengaruh variasi tebal lapisan balas terhadap penurunan tanah dan struktur jalan rel yang akan terjadi. Variasi tebal balas yang dilakukan yaitu 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, dan 60 cm. Pemodelan dilakukan pada potongan melintang jalan rel sepanjang 10 m yang terletak pada tanah setebal 5 m. Material tanah dan lapisan jalan rel dimodelkan sebagai model *Linier elastic*.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai deformasi vertikal cenderung berkurang dengan bertambahnya tebal lapisan balas dan begitu juga sebaliknya. Sehingga pada tebal lapisan balas 60 cm memiliki nilai deformasi vertikal yang paling kecil. Deformasi vertikal terbesar untuk semua variasi tebal lapisan balas, terjadi pada bagian tengah bantalan. Sementara untuk nilai deformasi vertikal terkecil untuk semua variasi tebal lapisan balas, terjadi pada bagian ujung bantalan.

Kata kunci : deformasi vertikal, model numerik, balas, *software* PLAXIS 2D, model *Linier elastic*.