

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS BEBAN DINAMIK PADA**  
**STRUKTUR JALAN REL DENGAN PEMODELAN NUMERIK**  
**MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**



**Disusun oleh :**  
**HAMBALI**  
**20120110240**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**  
**2016**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya,

Nama : Hambali

Nomor Mahasiswa : 20120110240

Menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul: “*Analisis Beban Dinamik Pada Struktur Jalan Rel Dengan Pemodelan Numerik Menggunakan Metode Elemen Hingga*” tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka. Apabila ternyata dalam skripsi ini diketahui terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain maka saya bersedia karya tersebut dibatalkan.

Yogyakarta, September 2016

Hambali

## HALAMAN MOTTO

*Apa kata Emak ? “jangan kembali jika kamu belum membawa segudang ilmu dan selalu berjuang untuk kehidupan yang lebih layak”. Ucapan itu yang selalu Aku bawa kemanapun Aku mengejar cita-cita. Ucapan itulah yang selalu menjadi pendorong dikala Aku mulai mundur dan lemah. Ucapan itulah menjadi penopang dikala Aku mau terjatuh. Perjalanku menuntut ilmu tidak akan terhenti sampai disini dan Aku akan terus mencari karna sesungguhnya ilmu itu tidak akan pernah tercukupi hingga Aku kembali kepada ALLAH SWT.*

*Dan halnya apa kata Bapak, yang selalu terniang disaat Aku memejamkan mata “Nak, perjalanan mu sangat-sangatlah panjang, bukan hanya di dunia semata melaikan akhirat juga menunggumu. Jadi, kamu harus mengimbangi antara duniamu dan akhiratmu, karna sesungguhnya kamu bakal kembali kepada siapa yang memberimu, dimana itu adalah benar-benar akhir perjalananmu”.*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, kupersembahkan karya kecil ini untuk orang-orang yang aku sayangi :*

- 1. **Ama Zakaria** urum **Ine Asiah** tercinta yang telah melahirkanku ke dunia ini dan memberikan kasih sayang mereka yang begitu tulus. Berjuang keras membesarkanku, dengan kesabaran mereka mendidikku mulai dari ayunan hingga aku bisa menjadi seperti ini. Apa yang anakmu ini berikan belum apa-apa bahkan segelintir pun belum bisa membalas jerih payah Ama urum Ine dibandingkan apa yang telah diberikan kepadaku. Ama, Ine gelar sarjana ini untukmu setidaknya akan membuat kalian sedikit bangga.*
- 2. Kedua saudari ku **Lesni** dan **Mandaini** kepada kalian yang sangat aku rindukan.*
- 3. **Enek umah uken** dan **Alm. Akek Ahim** yang telah memberikan kasih sayang yang begitu tulus kepadaku.*
- 4. **Enek umah toa** dan **Alm. Akek Saleh** yang juga selalu mencurahkan do'a tanpa henti.*
- 5. Keluarga besar di Desa Rerebe **Pun, Ibi, Mak Yu, Uwe** dan **Ujang** yang tak pernah henti memberikan dukungan, motivasi dan do'anya.*
- 6. **Aryatiwi Wibowo** yang tak pernah henti memberikan do'anya dan sekaligus menjadi semangatku dalam mengerjakan Tugas Akhir.*
- 7. **Sufri Nuryamin** dia adalah sesosok Ujang, Abang dan sekaligus Serinen yang bisa dibilang seperjuangan sebelum lahir hingga sekarang ini, dan*

*Alhamdulillah bisa mendapatkan gelar masing-masing dari UMY semangat terus serinen enti munur.*

8. ***Ujang Ali Safi'i** yang telah banyak berperan untuk selalu membuatku semangat terus dan do'a yang begitu tulus. Terimakasih juga udah menjadi motivatorku yang tak mungkin aku bisa membalasnya.*
9. ***Dasa, Sadam Husen, Said Atap Hanapi, Said Zul Karnain dan Muhammad** teman seperjuangan dari Desa Rerebe di Yogyakarta.*
10. ***Teddy Setya Nugraha** dan keluarga besarnya di Yogyakarta terimakasih banyak yang telah menerima saya sebagai keluarganya yang tidak akan pernah aku lupakan.*
11. ***Angga Mulyawan, Andree Arief P, Ario Maulana dan Sigap Kurniawan** kepada kalian sahabat terbaik seperjuanganku di Teknik Sipil UMY yang tidak pernah bisa aku membalas apa yang kalian berikan kepadaku tapi doaku tidak pernah lupa tercurahkan untuk kesuksesan kita semua. I Will Always Love You Sahabat.*
12. ***M. Ardiansyah Putra, Zulkifli, Andri Nanda P, Nasruddin, Dedi Setiawan, Miftahudin Jasri, Abdul Gani, Syeh Aradi, Luman Hakim, Safwan Fajar, Khaidir Ali dan Matyadi** sahabat seperjuangan angkatan 2012 dari Gayo Lues dan juga terimakasih sudah menjadi pong mongot urum pong kedik.*
13. *Keluarga kecil **Civil E** angkatan 2012 apa yang kita lalui lebih kurang 4 tahun ini akan terus dikenang sampai akhir hayat.*
14. *Kuluarga besar **IMAGAYO** Yogyakarta yang akan meneruskan pembangunan daerah tercinta kita **GAYO LUES**.*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Alhamdulillah Hirobbil Alamin, puji dan syukur tidak lupa penulis sampaikan kepada Allah SWT, karna hanya atas izin dan rahmat dari Allah, sehingga penyusun dapat melaksanakan dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul ***“Analisi Beban Dinamik Pada Struktur Jalan Rel Dengan Pemodelan Numerik Menggunakan Metode Elemen Hingga”***.

Dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini, tidaklah terlepas dari kerjasama, bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Bapak Jaza'ul Ikhsan, ST, MT, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ibu Ir. Hj. 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., PE selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan serta koreksi dalam penyusunan laporan ini.
4. Bapak Dr. Eng. Agus Setyo Muntohar. M.Eng.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah meneliti hasil laporan serta koreksi dalam penyusunan laporan ini.
5. Bapak, Ibu Dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas ilmu yang telah dibagikan kepada penyusun dan semoga dapat bermanfaat.
6. Seluruh Staff Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Kedua orang tua Ayah dan Ibu serta saudara-saudara yang telah memberi dukungan, cinta, kasih sayang perhatian dan do'a tulus ikhlas yang tiada

henti-hentinya yang dapat menjadi semangat dan kekuatan terbesar untuk penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

8. Keluarga kecilku di Yogyakarta Civil E angkatan 2012 yang selalu mendukung satu sama lain selama 4 tahun belakangan hingga pada akhirnya kita semua mendapatkan gelar ST yang tidak bisa aku ucapkan namanya satu persatu.
9. Teman-temanku keluarga Teknik Sipil angkatan 2012 dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan dukungan, bantuan, kemudahan, dan semangat dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna memperbaiki laporan ini.

Harapan kami, semoga laporan ini dapat bermanfaat nantinya sebagai referensi dalam bidang Teknik Sipil dan terutama untuk kelanjutan studi penyusun.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 1 September 2016

*Ttd*

**Penulis**

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL .....                    | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                | ii   |
| LEMBAR MONITORING .....                | iii  |
| HALAMAN PERNYATAAN .....               | iv   |
| HALAMAN MOTTO .....                    | v    |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....              | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                   | ix   |
| DAFTAR ISI .....                       | xi   |
| DAFTAR TABEL .....                     | xiii |
| DAFTAR GAMBAR .....                    | xiv  |
| ABSTRAK .....                          | xvi  |
| BAB I. PENDAHULUAN .....               | 1    |
| A. Latar Belakang .....                | 1    |
| B. Rumusan Masalah .....               | 2    |
| C. Tujuan Penelitian .....             | 2    |
| D. Batasan Masalah.....                | 3    |
| E. Manfaat Penelitian .....            | 3    |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....          | 5    |
| A. Struktur Jalan Rel Kereta Api ..... | 4    |
| B. Parameter Material .....            | 8    |
| C. Beban Kereta Api .....              | 13   |
| D. Metode Elemen Hingga .....          | 15   |
| E. Pemodelan Numerik PLAXIS 2D .....   | 17   |
| BAB III. METODE PENELITIAN .....       | 23   |
| A. Bagan Alir Penelitian .....         | 23   |
| B. Studi Literatur .....               | 24   |
| C. Pemodelan Numerik .....             | 24   |
| D. Parameter Material .....            | 26   |
| E. Tahapan Simulasi .....              | 28   |



|  |      |
|--|------|
| BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....   | 34   |
| A. Kalkulasi Pembebanan Dinamik .....  | 34   |
| B. Deformasi Yang Terjadi Akibat Beban Dinamik Terhadap<br>Struktur Jalan Rel .....                                      | 34   |
| C. Perbandingan Modulus Elastisitas 100 Mpa Dengan 14 Mpa<br>Terhadap Deformasi Yang Terjadi Pada Tebal Balas 30 cm .... | 41   |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....  | 42   |
| A. Kesimpulan .....  | 42   |
| B. Saran .....   | 42   |
| DAFTAR PUSTAKA .....   | xvii |
| <b>LAMPIRAN</b>  |      |

## DAFTAR TABEL

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabel 2.1 | Kelas jalan dan tipe rel .....                                      | 5  |
| Tabel 2.2 | Karakteristik penampang.....  | 6  |
| Tabel 2.3 | Nilai perkiraan modulus elastisitas (Bowles, 1997).....             | 9  |
| Tabel 2.4 | Hubungan antara jenis tanah dan <i>poisson ratio</i> (Bowles, 1997) | 10 |
| Tabel 2.5 | Nilai tipikal berat volume tanah .....                              | 11 |
| Tabel 3.1 | Dimensi penampang melintang jalan rel .....                         | 27 |
| Tabel 3.2 | Material propertis yang digunakan untuk <i>mohr-coulumb</i> .....   | 27 |
| Tabel 3.3 | Parameter material yang digunakan dalam PLAXIS .....                | 28 |
| Tabel 3.4 | Parameter material lapisan tanah dasar ( <i>Subgrade</i> ) .....    | 28 |
| Tabel 4.1 | Deformasi dengan variasi modulus elastisitas.....                   | 42 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1  | Gambar konstruksi jalan rel .....   | 4  |
| Gambar 2.2  | Gambar penampang rel .....  | 5  |
| Gambar 2.3  | Jendela parameter untuk <i>Mohr-Coulomb</i> pada material<br><i>Subgrade</i> .....                    | 8  |
| Gambar 2.4  | Definisi $E_0$ dan $E_{50}$ untuk standar hasil uji triaksial<br>(Brikgreve <i>dkk.</i> , 1998) ..... | 9  |
| Gambar 2.5  | Jendela parameter <i>Plate</i> .....  | 12 |
| Gambar 2.6  | Pola distribusi beban kereta api pada struktur jalan rel .....  | 15 |
| Gambar 2.7  | Jendela <i>general setting</i> PLAXIS .....   | 17 |
| Gambar 2.8  | Jendela utama input PLAXIS 2D .....   | 18 |
| Gambar 2.9  | <i>Set dynamic load system</i> pada input beban .....   | 18 |
| Gambar 2.10 | Pemodelan setengah potongan melintang struktur jalan rel.....   | 19 |
| Gambar 2.11 | Jendela material sets untuk tipe soil & interfaces dengan<br>model material Mohr-Coulomb .....        | 19 |
| Gambar 2.12 | Hasil setelah dilakukan <i>mesh</i> .....   | 20 |
| Gambar 2.13 | Tampilan untuk <i>pore water pressure</i> .....   | 21 |
| Gambar 2.14 | Jendela <i>calculation</i> pada PLAXIS .....  | 21 |
| Gambar 2.15 | <i>Output</i> dalam deformasi yang terjadi bentuk gambar .....  | 22 |
| Gambar 3.1  | Diagram alir penelitian .....   | 23 |
| Gambar 3.2  | Kondisi <i>Plane strain</i> pada elemen tanah .....   | 24 |
| Gambar 3.3  | Penampang melintang jalan rel .....   | 24 |
| Gambar 3.4  | Tampilan setelah dilakukan <i>mesh</i> .....  | 27 |
| Gambar 3.5  | Jendela <i>initial conditions</i> untuk <i>generate water pressure</i> .....                          | 28 |
| Gambar 3.6  | Tampilan <i>pore water pressure</i> .....   | 28 |
| Gambar 3.7  | <i>Input</i> beban kondisi awal .....   | 29 |
| Gambar 3.8  | Jendela <i>input</i> beban .....  | 29 |
| Gambar 3.9  | Tampilan setelah beban di aktifkan .....  | 30 |
| Gambar 3.10 | Jendela <i>input dynamic loading</i> .....  | 30 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.11 | Jendela untuk memasukan parameter langkah-langkah perhitungan dan waktu interval ( <i>dynamic time</i> ) ..... | 32 |
| Gambar 3.12 | Jendela <i>multipliers</i> untuk <i>input dynamic loading</i> .....  | 32 |
| Gambar 3.13 | Jendela untuk menentukan penurunan pada titik-titik tertentu .   | 33 |
| Gambar 4.1  | Geometri dengan penambahan <i>absorbent boundaries</i> sebagai peredam gelombang harmonik .....                | 35 |
| Gambar 4.2  | Pola deformasi struktur jalan rel dengan tebal balas 30 cm dan beban kereta 83,02 kN/m <sup>2</sup> .....      | 36 |
| Gambar 4.3  | Pola deformasi struktur jalan rel dengan tebal balas 40 cm dan beban kereta 83,02 kN/m <sup>2</sup> .....      | 36 |
| Gambar 4.4  | Pola deformasi struktur jalan rel dengan ketebalan balas 50 cm dan beban kereta 83,02 kN/m <sup>2</sup> .....  | 37 |
| Gambar 4.5  | Pola deformasi struktur jalan rel dengan tebal balas 30 cm dan beban kereta 91,23 kN/m <sup>2</sup> .....      | 37 |
| Gambar 4.6  | Pola deformasi struktur jalan rel dengan tebal balas 40 cm dan beban kereta 91,23 kN/m <sup>2</sup> .....      | 38 |
| Gambar 4.7  | Pola deformasi struktur jalan rel dengan tebal balas 50 cm dan beban kereta 91,23 kN/m <sup>2</sup> .....      | 38 |
| Gambar 4.8  | Pola deformasi struktur jalan rel dengan tebal balas 30 cm dan beban kereta 99,44 kN/m <sup>2</sup> .....      | 39 |
| Gambar 4.9  | Pola deformasi struktur jalan rel dengan tebal balas 40 cm dan beban kereta 99,44 kN/m <sup>2</sup> .....      | 39 |
| Gambar 4.10 | Pola deformasi struktur jalan rel dengan tebal balas 50 cm dan beban kereta 99,44 kN/m <sup>2</sup> .....      | 40 |
| Gambar 4.11 | Grafik hubungan deformasi dan ketebalan balas .....  | 40 |
| Gambar 4.12 | Deformasi pada E <sub>balas</sub> 100 Mpa dengan tebal 30 cm dan kecepatan 80 km/jam .....                     | 41 |