



**EVALUASI KEKUATAN REL TIPE R60 TERHADAP
PEMBEBANAN KERETA API KECEPATAN TINGGI**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1)

Disusun Oleh:

Nama : Septa Ade Dermawan

NIM : 41121120108

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

TAHUN 2024

**LEMBAR PERNYATAAN
SIDANG SARJANA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Septa Ade Dermawan
NIM : 41121120108
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjanaan saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat dipertanggungjawabkan sepenuhnya.

Jakarta, 25 Maret 2024

Yang memberikan pernyataan



Septa Ade Dermawan

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Septa Ade Dermawan
NIM : 41121120108
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Kekuatan Rel Tipe R60 Terhadap Pembebanan Kereta
Api Kecepatan Tinggi

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata I (S1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

		Tanda Tangan
Pembimbing	: Dr. Ir. Nunung Widyaningsih, Pg.Dipl.Eng. IPM	
NIDN/NIDK/NIK	: 0304015902	
Ketua Penguji	: Nabila, S.T., M.T.	
NIDN/NIDK/NIK	: 0327068804	
Anggota Penguji	: Reni Karno Kinasih, S.T., M.T.	
NIDN/NIDK/NIK	: 0317088407	

MERCU BUANA

Jakarta, 27 Maret 2024

Mengetahui,

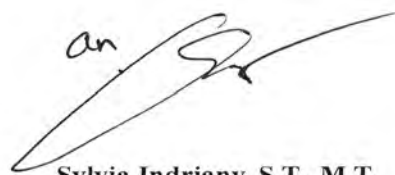
Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

NIDN: 0307037202



Sylvia Indriany, S.T., M.T.

NIDN: 0302087103

KATA PENGANTAR

Penulis memanjatkan rasa syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, dan hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu memberikan bantuan baik secara materi maupun pemikiran. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu ada untuk mendukung dan mendoakan,
2. Ibu Sylvia Indriany, S.T., M.T. selaku ketua program studi S1 Teknik Sipil Universitas Mercu Buana Jakarta yang telah membantu melancarkan pelaksanaan penelitian tugas akhir ini,
3. Ibu Dr. Ir. Nunung Widyaningsih, Pg.Dipl.Eng. IPM selaku dosen pembimbing penulis yang selalu memberikan waktunya untuk membimbing, menasehati selama kegiatan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini,
4. Seluruh dosen dan staff Universitas Mercu Buana Jakarta yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu dan selalu membimbing selama pendidikan,

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana di Universitas Mercu Buana Jakarta. Penulis berharap tugas akhir ini dapat menambah ilmu pengetahuan dan referensi dalam perhitungan kekuatan rel tipe R60 terhadap pembebanan kereta api kecepatan tinggi.

Mengingat keterbatasan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini baik dalam segi penulisan, bahasa, maupun pembahasan, penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun sehingga menjadi lebih sempurna. Selain itu dapat dijadikan bekal untuk menulis penelitian selanjutnya yang lebih baik dan bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, 25 Maret 2024

Penulis



Septa Ade Dermawan

NIM: 41121120108

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Septa Ade Dermawan
NIM : 41121120108
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Kekuatan Rel Tipe R60 Terhadap Pembebanan Kereta Api Kecepatan Tinggi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 25 Maret 2024

Penulis



Septa Ade Dermawan

NIM: 41121120108

ABSTRAK

Judul: Evaluasi Kekuatan Rel Tipe R60 Terhadap Pembebanan Kereta Api Kecepatan Tinggi, Nama: Septa Ade Dermawan, NIM: 41121120108, Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Nunung Widyaningsih, Pg.Dipl.Eng. IPM., 2024

Saat ini Indonesia telah memasuki fase baru dalam pembangunan infrastruktur transportasi modern yaitu kereta api kecepatan tinggi yang diprakarsai oleh PT Kereta Cepat Indonesia China. Desain sarana yang dioperasikan yaitu Electrical Multiple Unit (EMU) CR400AF yang dapat melaju hingga kecepatan 350 km/jam. Tentunya dengan kecepatan kereta yang tinggi tersebut diperlukan keandalan prasarana jalan rel kereta api meliputi geometri dan komponen jalan rel.

Spesifikasi teknis jalan rel kereta api kecepatan tinggi telah diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. 7 tahun 2022. Jenis rel yang umum digunakan untuk komponen jalur kereta api kecepatan tinggi dengan lebar jalan rel 1435 mm adalah rel tipe R60. Tetapi, penentuan tipe rel kereta api kecepatan tinggi di Indonesia belum dilengkapi dengan analisis kekuatan struktur rel dalam menahan beban yang bekerja di atasnya. Sehingga, penelitian ini membahas pengaruh geometri jalan rel terhadap kecepatan sarana dan evaluasi perhitungan kekuatan struktur rel Tipe R60 dalam menerima beban kereta api kecepatan tinggi. Metode analisis menggunakan metode Beam on Elastic Foundation (BOEF) yang mengasumsikan perilaku rel sebagai balok kontinu yang menerima beban di atas tumpuan pondasi elastis.

Hasil penelitian didapatkan nilai radius realisasi dan radius minimal lengkung horizontal berturut-turut sebesar 9.500 m dan 8.502,94 m lebih besar dari radius ijin lengkung horizontal sebesar 7.000 m sedangkan untuk nilai radius ijin dan radius vertikal lengkung vertikal sebesar 25.000 m. Sehingga optimalisasi pada radius lengkung horizontalnya menjadi 8.502,94 m agar lebih sesuai dengan kemampuan jalur dalam melayani sarana yang melintas serta diharapkan dapat lebih efektif dan efisien dalam perencanaannya. Beban statis dan beban dinamis roda EMU CR400AF sebesar 81.662,50 N dan 243.522,90 N. Tegangan maksimum dan tegangan ijin rel didapatkan sebesar 134,53 N/mm² dan 228,57 N/mm². Kekuatan rel dituliskan dalam bentuk angka faktor keamanan (SF). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai SF terkritis rel dalam menerima beban kereta api kecepatan tinggi adalah sebesar 1,70. Berdasarkan hasil perhitungan BoEF, rel tipe R60 memiliki nilai keamanan yang tinggi dalam menahan beban statis dan beban dinamis kereta api kecepatan tinggi.

Kata Kunci: EMU CR400AF, geometri, jalan rel, kecepatan tinggi, faktor Keamanan

ABSTRACT

Title: Strength Evaluation of Type R60 Rail Against High-Speed Railway Loading, Nama: Septa Ade Dermawan, NIM: 41121120108, Advisor: Dr. Ir. Nunung Widyarningsih, Pg.Dipl.Eng. IPM., 2024

Indonesia has now entered a new phase in the development of modern transportation infrastructure, namely the high-speed railway initiated by PT Kereta Cepat Indonesia China. Design of facilities operated is Electrical Multiple Unit (EMU) CR400AF which can travel up to 350 km/h. Of course, with such high train speeds, the reliability of railroad infrastructure including railroad geometry and components is required.

Technical specifications of high-speed railways have been regulated in the Minister of Transportation Regulation No. 7 of 2022. The type of rail commonly used for high-speed railway components with a railroad width of 1435 mm is type R60 rail. However, the determination of the type of high-speed rail in Indonesia has not been completed with an analysis of the strength of rail structure to withstand the loads acting on it. Thus, this research discusses the effect of railroad geometry on the speed train and evaluates the calculation of strength of the Type R60 rail structure in accepting the load of high-speed train. The analysis method uses the Beam on Elastic Foundation (BOEF) method which assumes the behavior of the rail as a continuous beam receiving loads on an elastic foundation.

The research results showed that the realized and minimum horizontal curve radius values were respectively 9,500 m and 8,502.94 m, which were greater than the permitted horizontal curve radius of 7,000 m, while the permitted radius and vertical radius values for vertical curves were 25,000 m. So that the horizontal curve radius is optimized to 8,502.94 m to be more in line with the line's ability to serve passing facilities and is expected to be more effective and efficient in planning. The static load and dynamic load of the EMU CR400AF wheels are 81,662.50 N and 243,522.90 N. The maximum stress and allowable rail stress are found to be 134.53 N/mm² and 228.57 N/mm². Rail strength is written in the form of a safety factor (SF). The rail strength results are written in the form of safety factor (SF) numbers. The calculation results show that the critical SF value of the rail in accepting high-speed train load is 1,70 Based on the BoEF calculation results, the R60 type rail has a high safety value in resisting static load and dynamic load of the high-speed train.

Keyword: EMU CR400AF, geometry, railroad, highspeed, safety factor

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Identifikasi Masalah.....	I-2
1.3 Rumusan Masalah.....	I-2
1.4 Tujuan	I-2
1.5 Manfaat Penelitian	I-3
1.6 Pembatasan dan Ruang Lingkup Masalah.....	I-3
1.7 Sistematika Penulisan	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	II-5
2.1.1 Profil PT Kereta Cepat Indonesia China	II-6
2.1.2 Persyaratan Geometri Jalan Rel Kereta Api Kecepatan Tinggi	II-6
2.1.3 Spesifikasi Teknis <i>EMU CR400AF</i>	II-12
2.1.4 Gambaran Umum Rel.....	II-14
2.1.5 Pembebanan Rel Terhadap <i>EMU CR400AF</i>	II-17
2.1.6 Tegangan Lentur Rel Terhadap Pembebanan <i>EMU CR400AF</i>	II-21
2.1.7 Tegangan Ijin Rel	II-26
2.1.8 Faktor Keamanan Rel	II-27
2.2 Kerangka Berfikir	II-28

2.3 Penelitian Terdahulu	II-28
2.4 Research Gap	II-30
BAB III METODE PENELITIAN	III-1
3.1 Diagram Alir Penelitian	III-1
3.2 Tahapan Penelitian.....	III-2
3.2.1 Identifikasi masalah.....	III-2
3.2.2 Studi pustaka	III-2
3.2.3 Pengumpulan data	III-2
3.2.4 Analisis data	III-2
3.2.5 Kesimpulan.....	III-6
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	III-6
3.4 Populasi dan Instrumen Penelitian.....	III-6
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	IV-1
4.1 Evaluasi Geometri Jalan Rel.....	IV-1
4.1.1 Alinyemen Horizontal	IV-1
4.1.2 Alinyemen Vertikal	IV-4
4.1.3 Superelevasi lengkung.....	IV-6
4.2 Beban Roda Statis dan Dinamis Sarana.....	IV-7
4.3 Momen Lentur Rel.....	IV-9
4.4 Tegangan Lentur Rel	IV-21
4.4.1 Tegangan ijin rel.....	IV-21
4.4.2 Tekanan rel maksimum pada dasar rel	IV-21
4.5 Evaluasi Faktor Keamanan Rel	IV-22
4.6 Rekapitulasi Analisis	IV-22
BAB V KESIMPULAN	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA.....	Pustaka-1
LAMPIRAN.....	Lampiran-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelandaian pada jalan rel kereta api kecepatan tinggi.....	II-7
Tabel 2.2 Jari-jari minimum lengkung horizontal dan vertikal	II-9
Tabel 2.3 Jari-jari minimum lengkung vertikal jalur kereta api kecepatan tinggi.....	II-9
Tabel 2.4 Penggolongan/klasifikasi jenis kereta.....	II-10
Tabel 2.5 Jarak Antara As Jalan Rel Pada Jalur Utama.....	II-12
Tabel 2.6 Spesifikasi teknis EMU CR400AF.....	II-12
Tabel 2.7 Parameter Sarana EMU CR400AF.....	II-13
Tabel 2.8 Hubungan antara respon jalan rel terhadap kerusakan jalan rel	II-15
Tabel 2.9 Klasifikasi tipe rel di Indonesia	II-15
Tabel 2.10 Mutu baja dan komposisi kimia (analisis kelelahan).....	II-16
Tabel 2.11 Tensile strength, elongation rate dan kekerasan permukaan	II-16
Tabel 2.12 Modulus elastisitas jalan rel (k) berdasarkan kondisi jalan rel.....	II-25
Tabel 2.13 Faktor reduksi tegangan ijin rel akibat pengaruh kondisi jalan rel.....	II-27
Tabel 2.14 Penelitian Terdahulu.....	II-28
Tabel 2.15 Research GAP.....	II-30
Tabel 4.1 Data Alinyemen Horizontal.....	IV-1
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Lengkung Horizontal	IV-2
Tabel 4.3 Pengecekan Teknis Lengkung Horizontal.....	IV-4
Tabel 4.4 Data Alinyemen Vertikal.....	IV-5
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Lengkung Vertikal	IV-5
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Superelevasi Lengkung.....	IV-6
Tabel 4.7 Parameter Teknis Rel Tipe R60.....	IV-10
Tabel 4.8 Hasil Analisis <i>Safety Factor</i> (SF) Rel Akibat Beban Kereta Nomor 6 atau TP06 EMU CR400AF.....	IV-22
Tabel 4.9 Rekapitulasi Analisis Geometri Jalan Rel dan Kekuatan Rel Terhadap Pembebanan Kereta Api Kecepatan Tinggi.....	IV-22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Metode Pelebaran ruang bebas pada lengkung (dua sisi)	II-10
Gambar 2.2 Daya Dukung Bogie Sarana Perkeretaapian	II-14
Gambar 2.3 Dimensi Rel Tipe R60	II-17
Gambar 2.4 Gaya quasi statis kendaraan di lengkung	II-19
Gambar 2.5 Kondisi Equilibrium (keseimbangan) pada balok berdeformasi yang menerima pembebanan $q(x)$	II-22
Gambar 2.6 Representasi dari kondisi beban $q(x)$ yang membebani balok tak terhingga (infinite) di atas tumpuan menerus dengan dasar pondasi elastis	II-24
Gambar 2.7 Diagram interaksi beban untuk menentukan momen rel dan defleksi maksimum.....	II-25
Gambar 2.8 Kerangka Berpikir.....	II-28
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	III-1
Gambar 3.2 Bagan alir analisis geometri jalan rel.....	III-3
Gambar 3.3 Bagan alir menghitung beban statis dan beban dinamis sarana	III-4
Gambar 3.4 Bagan alir menghitung tegangan lentur maksimum rel	III-5
Gambar 4.1 Ilustrasi Lengkung Horizontal	IV-3
Gambar 4.2 Evaluasi Lengkung Horizontal KM 42+410.....	IV-4
Gambar 4.3 Ilustrasi Lengkung Vertikal	IV-6
Gambar 4.4 Ilustrasi Superelevasi Lengkung.....	IV-7
Gambar 4.5 Faktor Pengaruh Dinamis	IV-9
Gambar 4.6 Titik Tinjau Momen Lentur	IV-10
Gambar 4.7 Skema Interaksi Beban Titik Pusat 1	IV-11
Gambar 4.8 Skema Interaksi Beban Titik Pusat 2	IV-13
Gambar 4.9 Skema Interaksi Beban Titik Pusat 3	IV-16
Gambar 4.10 Skema Interaksi Beban Titik Pusat 4	IV-18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran-1 Kartu Asistensi.....	Lampiran-2
Lampiran-2 Kartu Asistensi.....	Lampiran-3
Lampiran-3 Spesifikasi Teknis EMU CR400AF.....	Lampiran-4
Lampiran-4 Spesifikasi Teknis EMU CR400AF.....	Lampiran-5
Lampiran- 5 Data Lengkung.....	Lampiran-6
Lampiran-6 Stakeout Geometri Jalan Rel.....	Lampiran-7
Lampiran-7 Hasil Uji Rel Tipe R60	Lampiran-8
Lampiran-8 Hasil Uji Rel Tipe R60	Lampiran-9
Lampiran-9 Dimensi Rel Tipe R60	Lampiran-10

