



Untuk mendukung kelancaran transportasi kereta api, diperlukan prasarana jalan kereta api yang aman secara teknis. Buku ini berisi dasar-dasar perencanaan, perancangan dan perkembangan teknologi di bidang desain prasarana jalan rel. Dasar-dasar desain struktur jalan rel ini diharapkan dapat meningkatkan wawasan keilmuan dan teknologi serta penguasaan perencanaan yang diperlukan dalam pembangunan suatu struktur jalan rel. Perencanaan struktur jalan yang dipaparkan dalam buku ini mengacu kepada peraturan yang berlaku di Indonesia

dan dilengkapi beberapa peraturan perbandingan dan teori-teori pendukungnya. Dengan dipublikasikan buku ini secara meluas bagi masyarakat diharapkan bisa memberikan manfaat dalam pengembangan teknik transportasi di Indonesia serta buku ini berkontribusi sebagai sarana saling bertukar pikiran dalam ilmu pengetahuan dan teknologi prasarana perkeretaapian.

Sri Atmaja P. Rosyidi

REKAYASA JALAN KERETA API



# REKAYASA JALAN KERETA API

TINJAUAN STRUKTUR JALAN REL

SRI ATMAJA P. ROSYIDI, Ph.D.



LEMBAGA PENELITIAN, PENGABDIAN MASYARAKAT DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM)  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Gedung D2, Kampus Terpadu UMY  
Ringnan Tamantirsa, Kriyan, Siantul,  
Yogyakarta, Indonesia 55183  
Tel. +62 274 387484 ext. 166  
Fax. +62 274 387645  
www.umy.ac.id

ISBN 978-979-98053-9-3



9 789799 980539



# **REKAYASA JALAN KERETA API**

Tinjauan Struktur Jalan Rel

SRI ATMAJA P. ROSYIDI, Ph.D.



# **REKAYASA JALAN KERETA API**

Tinjauan Struktur Jalan Rel

**SRI ATMAJA P. ROSYIDI, Ph.D.**

Lembaga Penelitian, Publikasi dan Pengabdian Masyarakat  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (LP3M UMY)  
2015

ISBN 978-979-98053-9-3



REKAYASA JALAN KERETA API  
Tinjauan Struktur Jalan Rel

Penulis : Sri Atmaja P. Rosyidi, Ph.D.  
Desain : Djoko Supriyanto  
Foto sampul depan : Mas Wiwid Viewkreatif  
Foto sampul belakang : Yoga Bagus Tjokropawiro

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-undang  
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau  
Seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan I, April 2015  
Penerbit Lembaga Penelitian, Publikasi & Pengabdian Masyarakat  
(LP3M) dan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Selatan Bantul Yogyakarta.  
Telp : 0274-387656 pesawat 159

Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)  
REKAYASA JALAN KERETA API  
Tinjauan Struktur Jalan Rel

Sri Atmaja P. Rosyidi, Ph.D.  
Yogyakarta, LP3M-UMY 2013

*Dipersembahkan untuk*

Ibu, Istri dan Anak-Anakku tersayang,

*Suprastiti Soeroso Sri Sedjati*

*Rika Nuraini*

*Naura Rucira Haya Pratista Aqila Rosyidi*

*Mayyasa Saffi Lalitya Nayaka Annora Rosyidi*

# Daftar Isi

## SATU

### TRANSPORTASI JALAN KERETA API SEBUAH TINJAUAN UMUM - 1

- A. Transportasi - 1
- B. Sub-Sektor Transportasi Kereta Api - 12
- C. Peranan Teknologi Transportasi Perkeretaapian - 22
- D. Latihan Soal - 28
- E. Daftar Pustaka - 29

## DUA

### SARANA ANGKUTAN KERETA API - 30

- A. Pengantar - 30
- B. Karakteristik Angkutan Kereta Api - 30
- C. Sejarah Perkembangan Angkutan Kereta Api - 41
- D. Tinjauan Sarana Angkutan Kereta Api - 43
- E. Latihan Soal – 46
- F. Daftar Pustaka – 47

## TIGA

### STRUKTUR JALAN REL, JEMBATAN REL, DAN BANGUNAN PENDUKUNGNYA - 48

- A. Definisi Struktur Jalan Rel - 48
- B. Komponen Struktur Jalan Rel - 51
- C. Klasifikasi Jalan Rel di Indonesia - 57
- D. Jembatan Rel Kereta Api - 68
- E. Latihan Soal - 80
- F. Daftar Pustaka – 81
- G. Referensi Lanjut yang Direkomendasikan – 81

## EMPAT

### PEMBEBANAN STRUKTUR JALAN REL - 82

- A. Konsep Perancangan Jalan Rel - 82
- B. Beban dan Gaya Pada Rel - 85
- C. Pola Distribusi Gaya Pada Struktur Jalan Rel - 94
- D. Konsep Perhitungan Beban Menggunakan BoEF - 94
- E. Pengaruh Superposisi Gandar - 110
- F. Parameter Dasar Perhitungan Fondasi Jalan Rel - 112
- G. Latihan Soal - 119
- H. Daftar Pustaka - 119

## LIMA

### KOMPONEN REL - 121

- A. Pengertian umum - 121
- B. Persyaratan Umum Rel - 122
- C. Tipe Rel - 124
- D. Komposisi Bahan Rel - 125
- E. Dimensi Rel Di Indonesia -144
- F. Perhitungan Dimensi Rel - 148
- G. Umur Rel – 153

- H. Stabilitas Rel Panjang – 157
- I. LATIHAN SOAL – 168
- J. DAFTAR PUSTAKA - 168

#### ENAM

##### PENAMBAT REL - 169

- A. Pengertian Umum - 169
- B. Pertimbangan Dalam Penggunaan Penambat - 169
- C. Penggunaan Penambat Rel - 170
- D. Klasifikasi Teknis Beberapa Jenis Penambat - 174
- E. Perhitungan Gaya Lateral Pada Penambat - 183
- F. Latihan Soal - 187
- G. Daftar Pustaka - 187

#### TUJUH

##### BANTALAN REL - 189

- A. Pengertian Umum - 189
- B. Fungsi Dan Jenis Bantalan - 189
- C. Perhitungan Pembebanan Pada Bantalan - 193
- D. Bantalan Kayu - 203
- E. Bantalan Besi - 211
- F. Bantalan Beton - 214
- G. Jalan Rel Slab (Track Slab) - 232
- H. Latihan Soal - 241
- I. Daftar Pustaka - 242

#### DELAPAN

##### STRUKTUR BALAS REL - 244

- A. Pengertian Umum - 244
- B. Fungsi Lapisan Balas - 244
- C. Bentuk Lapisan Balas - 245
- D. Jenis Batuan Untuk Material Balas - 246
- E. Pengujian Untuk Material Balas - 246
- D. Persyaratan Material Untuk Lapisan Balas - 249
- E. Persyaratan Material Untuk Lapisan Sub-Balas - 251
- F. Analisis Lapisan Balas - 253
- G. Bentuk Dan Ukuran Lapisan Balas Di Indonesia - 265
- H. Bentuk Dan Ukuran Lapisan Sub-Balas - 267
- I. Pemadatan Pada Lapisan Balas Dan Sub-Balas - 269
- J. Berkurangnya Kemampuan Lapisan Balas - 270
- K. Perkuatan Untuk Formasi Balas - 273
- L. Pencucian Dan Pemeliharaan Lapisan Balas - 275
- M. Latihan Soal - 282
- N. Daftar Pustaka – 283

#### SEMBILAN

##### PENYELIDIKAN LAPANGAN DAN PERENCANAAN SUBGRADE TRANSPORTASI - 284

- A. Pengertian Umum - 284
- B. Eksplorasi Untuk Kajian Perencanaan SUBGRADE - 285
- C. Persyaratan Lapisan Subgrade Pada Konstruksi TIMBUNAN - 295



- D. Perhitungan Tegangan Pada Lapisan Subgrade - 297
- E. Evaluasi Subgrade Menggunakan Teknik Geofisika - 300
- F. Latihan Soal - 309
- G. Daftar Pustaka - 309

#### SEPULUH

##### PERANCANGAN GEOMETRIK JALAN REL - 311

- A. Definisi Dan Kriteria Perencanaan Geometrik Jalan Rel - 311
- B. Ketentuan Umum Perencanaan Geometrik Jalan Rel - 312
- C. Alinemen Horizontal - 315
- D. Alinemen Vertikal - 329
- E. Latihan Soal – 339

Daftar Pustaka - 341

Indeks - 342

# Kata Pengantar

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT., atas seluruh nikmat dan anugerah yang diberikan dalam kehidupan kita. Sholawat dan salam tercurah bagi Nabi Muhammad SAW., keluarga dan sahabatnya.

Untuk mendukung kelancaran transportasi kereta api, diperlukan prasarana jalan kereta api yang aman secara teknis. Buku ini berisi dasar-dasar perencanaan dan perancangan serta perkembangan teknologi di bidang prasarana jalan rel. Kebutuhan pembekalan dasar-dasar transportasi jalan rel ini diharapkan dapat meningkatkan wawasan keilmuan dan teknologi bidang transportasi kereta api serta penguasaan berbagai bagian perencanaan yang diperlukan dalam pembangunan suatu struktur jalan rel. Perencanaan struktur jalan rel mengacu kepada peraturan yang berlaku di Indonesia dan melengkapinya dengan beberapa peraturan perbandingan dan teori-teori pendukungnya.

Dengan dipublikasikan buku ini secara meluas bagi masyarakat diharapkan bisa memberikan manfaat dalam pengembangan teknik transportasi di Indonesia serta buku ini dapat berkontribusi khususnya prasarana perkeretaapian sebagai sarana saling bertukar pikiran dalam ilmu pengetahuan dan teknologi.

Meskipun demikian, buku masih sangat jauh dari kesempurnaan, sehingga saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk perbaikan buku ini secara progresif dan berkelanjutan. Terima kasih diucapkan kepada Prof. E.T. Selig (University of Massachusetts, USA) atas izin menggunakan referensi-referensinya dan berbagai diskusinya yang menarik, dan khusus kepada *allahuyarham* Ir. Gendut Hantoro, MT. (semoga Allah mencucuri rahmat dan diberikan sebaik-baiknya tempat disisi-Nya), guru, saudara dan sahabat untuk penulis, yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis dan inspirasi kepada penulis untuk mengembangkan bidang prasarana transportasi. Tak lupa, ucapan terima kasih secara khusus disampaikan untuk Rika Nuraini, ST., M.Eng.Env., PhD. isteri tercinta dan anak-anakku, yang tak kenal putus membantu dan menjadi semangat bagi penulis dalam mempersiapkan buku ini serta mengikhhlaskan sebagian waktu keluarga kepada penulis untuk menyelesaikan buku ini.

Yogyakarta, 9 April 2014  
Penyusun,  
Sri Atmaja P. Rosyidi



# **SAMBUTAN**

## **DIREKTUR JENDERAL PERKERETAAPIAN**

*(salinan)*

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Pemerintah terus berupaya mengembangkan infrastruktur perkeretaapian sebagai tulang punggung perekonomian mengingat keunggulan yang dimiliki oleh transportasi kereta api khususnya untuk diterapkan di Indonesia. Transportasi kereta api memiliki keunggulan dari penggunaan energi dan rendahnya emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan.

Dalam rangka mempersiapkan referensi bagi pengembangan dan pembangunan infrastruktur perkeretaapian khususnya pemahaman dan konsep mengenai desain dan pengembangan struktur jalan rel di Indonesia, saya menyambut baik atas terbitnya buku *Rekayasa Jalan Kereta Api dengan Tinjauan pada Struktur Jalan Rel* yang ditulis oleh Saudara Sri Atmaja P. Rosyidi, Ph.D., yang merupakan akademisi yang memiliki rekam jejak panjang dalam pengembangan teori dan aplikasi pengetahuan mengenai desain dan analisis struktur jalan rel.

Mengingat buku referensi mengenai struktur jalan rel di Indonesia sangat terbatas, saya mengharapkan agar buku ini dapat menjadi salah satu buku rujukan di Indonesia bagi para pemangku kepentingan pada bidang perkeretaapian, perencana, konsultan, kontraktor dan tentu saja, untuk mahasiswa yang tertarik mengembangkan keilmuan dalam bidang transportasi khususnya perkeretaapian.

Saya mengharapkan penulis terus berkarya menerbitkan buku-buku referensi lanjut mengenai permasalahan perkeretaapian di Indonesia, dengan demikian, kita bisa memanfaatkan sumber referensi ini secara berkelanjutan bagi pengembangan transportasi perkeretaapian.

Akhirnya, saya sampaikan penghargaan sebesar-besarnya atas terbitnya buku ini. Semoga, buku ini bisa menambah wawasan masyarakat Indonesia, dan meningkatkan pengetahuan serta kompetensi dalam analisis struktur jalan rel dan bidang perkeretaapian secara umumnya.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, 20 Mei 2015

DIREKTUR JENDERAL PERKERETAAPIAN

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized cursive letters, positioned above a horizontal line.

Ir. HERMANTO DWIATMOKO, MSTr.

# Perenungan dan Motivasi

QS. Yasin (36): 41-41

(41) الْمَشْحُونِ الْفُلْكِ فِي ذُرِّيَّتِهِمْ حَمَلْنَا أَنَا لَهُمْ وَآيَةً

Dan suatu tanda (kebesaran Allah yang besar) bagi mereka adalah bahwa Kami angkut keturunan mereka dalam bahtera yang penuh muatan.

(42) بُرْنَ يَرْكَمَا مِثْلِهِ مِنْ لَهُمْ وَخَلَقْنَا

dan Kami ciptakan untuk mereka yang akan mereka kendarai seperti seperti bahtera itu

Fenomena transportasi, sudah disebutkan dengan jelas di dalam kitab Al Qur'an di dalam QS 36 (41-41). Dalam kedua Ayat Allah tersebut telah ditegaskan bahwa bahtera atau kapal sebagai alat perpindahan, berlayar di tengah lautan sebagai bukti kebesaran dan kekuasaan Tuhan. Kapal didisain untuk mengangkut manusia (orang) dan barang yang bergerak atau berpindah dari suatu daerah ke daerah lainnya telah dikenal sejak zaman dahulu. Perahu, sampian dan kapal-kapal yang berbobot berat, baik yang digerakkan oleh tenaga manusia, kekuatan angin, maupun tenaga mesin dapat berlayar di atas permukaan air, seakan-akan ada sesuatu kekuatan yang menahan kapal itu, sehingga tidak tenggelam. Hal ini merupakan bukti-bukti kekuasaan dan kebesaran Allah.

Tidakkah kamu memperhatikan bahwa sesungguhnya kapal itu berlayar di laut dengan nikmat Allah, supaya diperlihatkan Nya kepadamu sebagian dari tanda-tanda (kekuasaan) Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda bagi semua orang yang sangat sabar lagi banyak bersyukur. (Q.S. Luqman: 31)

Dalam Surah Yaasiin (ayat 42) Allah SWT mengingatkan manusia kepada bukti kekuasaan-Nya yang lain, dalam hal memberikan bermacam-macam kendaraan yang lain dari perahu, bahtera dan kapal, yaitu hewan-hewan yang dapat dijadikan kendaraan atau alat angkutan misalnya: kuda, keledai, unta, gajah dan sebagainya. Ini merupakan alat angkutan darat bagi manusia.

Pada ayat yang lain Allah berfirman:

“Dan (Dia telah menciptakan) kuda, bagal dan keledai, agar kamu menunggangnya dan (menjadikannya perhiasan. Dan Allah menciptakan apa yang kamu tidak mengetahuinya). (Q.S. An Nahl: 8)”.

Selanjutnya, untuk memungkinkan pengangkutan orang dan barang-barang yang lebih banyak, manusia dapat membuat alat-alat angkutan darat yang ditarik oleh hewan-hewan tersebut, seperti dokar, pedati, gerobak dan sebagainya. Dengan menggunakan akal yang dikaruniakan Allah kepada manusia, mereka dapat pula membuat alat-alat angkutan yang bergerak dengan tenaga mesin yang memakai bahan bakar berupa minyak bumi atau batu bara, yang juga disediakan dan dikaruniakan Allah kepada manusia. Kendaraan bermesin ini dapat berjalan lebih cepat dan bermuatan lebih banyak.

Sejalan dengan itu, berkat kemajuan akal dan ilmu pengetahuan yang dikaruniakan Allah kepada manusia, mereka dapat membuat kendaraan-kendaraan yang dapat terbang di udara, mulai dari balon, pesawat terbang, hingga roket-roket yang menggerakkan kapal-kapal ruang angkasa yang kecepatannya dapat melebihi kecepatan suara.

“Dan jika Kami menghendaki niscaya Kami tenggelamkan mereka, maka tiadalah bagi mereka penolong dan tidak pula mereka diselamatkan.(QS. 36:43)”

Dalam ayat ini Allah SWT memperingatkan bahwa jika Allah menghendaki menenggelamkan kapal-kapal yang berlayar di lautan itu, niscaya ia akan tenggelam. Datangnya angin badai yang kencang yang menimbulkan gelombang-gelombang yang dahsyat, akan menyebabkan kapal-kapal itu binasa, para penumpangnya turut terkubur ke dasar laut, tak dapat di tolong lagi. Peringatan ini berarti, bahwa manusia jangan merasa sombong dan takabur serta merasa bahwa dapatnya kendaraan yang berat itu berjalan di darat, di laut dan di udara adalah semata-mata karena kepintarannya, bukan karena karunia dari Allah SWT.

Dari ilmu alam kita dapat mengetahui bahwa sesuatu dapat terapung di atas air, jika berat jenis benda itu lebih ringan dari berat jenis air yang dipindahkannya. Ini ketentuan atau Sunatullah yang ditetapkan Allah terhadap air yang diciptakannya. Allah berkuasa mencabut kembali suatu ketentuan yang ia tetapkan sendiri, bila Ia menghendaki. Jika ketentuan ini suatu ketika dicabut Nya, maka keadaan akan berubah. Sebagaimana halnya dengan api, yang diberi Nya ketentuan berubah sifat "membakar", Allah berkuasa untuk suatu ketika mencabut sifat tersebut sehingga ia tidak lagi membakar. Dalam riwayat Nabi Ibrahim as yang tersebut dalam Alquran dikatakan, bahkan ketika ia disiksa kaumnya, dan dimasukkan ke dalam api unggun, ternyata Ibrahim as tidak terbakar. ini adalah karena kekuasaan Allah SWT, yang menolong hamba Nya dengan mencabut sifat "membakar" api tersebut ketika itu.

“Tetapi (Kami selamatkan mereka) karena rahmat yang besar dari Kami dan untuk memberikan kesenangan hidup sampai kepada suatu ketika.(QS. 36:44)”

Akhirnya, pada ayat ini Allah menegaskan, bahwa karena kasih sayang-Nya yang amat besar terhadap hamba-hamba-Nya, dan agar mereka dapat bersenang-senang menikmati karunia-Nya, maka Allah tidak membiarkan kendaraan-kendaraan itu semua binasa, baik yang berjalan di darat, maupun yang berlayar di atas dan di dalam air, ataupun yang terbang di udara.