

Gatot Rusbintardjo

BUKU TEKS KONSTRUKSI JALAN BAJA



**Kata Pengantar oleh:
Prof. Ir. I. Nyoman Arya Thanaya, ME., Ph.D.**

ISBN 978-602-7525-429

Perpustakaan Nasional:
Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Gatot Rusbintardjo
Buku Teks Konstruksi Jalan Baja
Cetakan 1, Semarang – UNISSULA Press, 2012
xxxiii + 427 hlm, 18.5 x 26 cm
ISBN 978-602-7525-429

Diterbitkan pertama kali oleh
UNISSULA Press
Cetakan I: Mei 2012

Penerbit
UNISSULA Press
Jl. Raya Kaligawe Km. 4 Semarang 50112
Telepon: 024-6583584 ext. 209

Dicetak oleh:
GATRA Press - Semarang

Dilarang meng-copy/menggandakan buku ini tanpa seijin penulis.
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang Negara Republik Indonesia

Buku teks Konstruksi Jalan Baja ini penulis dedikasikan pada ilmu pengetahuan teknik sipil di Indonesia pada umumnya dan di bidang ilmu konstruksi jalan baja pada khususnya, utamanya kehadiran Allah Subhanawa Ta'ala

PRAKATA

Bismillahirrahmaanirrahiim,

Assalamu'alaikum warohmatullahi wabarokatuh

Dengan mengucapkan syukur *Alhamdulillahirabbil'alamin*, serta senantiasa memanjatkan puji dan puja kepada *Allah Subhanahu Wa Ta'ala* yang atas pertolongan dan petunjuk-Nya, penulisan dan penyusunan buku teks Konstruksi Jalan Baja ini dapat diselesaikan.

Sebagaimana diketahui jumlah penduduk Indonesia pada dekade tahun 2000 telah mencapai lebih kurang 240 juta orang dan menjadikan Indonesia sebagai negara dengan jumlah penduduk terbesar ke empat di dunia. Dengan jumlah penduduk yang besar tersebut serta disertai dengan pertumbuhan ekonomi yang sangat pesat, telah membawa dampak bertambahnya jumlah kendaraan yang sangat pesat pula, yang pada gilirannya membawa masalah pada transportasi darat terutama di Pulau Jawa.

Kapasitas jalan raya yang tidak seimbang dengan jumlah kendaraan angkutan penumpang maupun barang menyebabkan tidak lancarnya arus transportasi. Di dalam situasi tersebut, maka keberadaan kereta api sebagai sarana transportasi darat menjadi terasa sangat dibutuhkan, dan perlu ditingkatkan sarana maupun prasarananya.

Untuk meningkatkan prasarana kereta api terutama jalan baja atau jalan kereta api, diperlukan pengetahuan yang baik tentang teknik konstruksi jalan baja untuk kereta api. Teknik konstruksi jalan baja adalah mata kuliah yang diajarkan di Jurusan Teknik Sipil terutama di Perguruan Tinggi yang berada di Pulau Jawa dan Sumatera di mana terdapat jalan baja.

Namun demikian buku-buku dan literatur-literatur tentang teknik konstruksi jalan baja dalam bahasa Indonesia yang mudah

dipahami oleh mahasiswa masih sangat sedikit. Untuk membantu para mahasiswa Teknik Sipil dalam mempelajari teknik konstruksi jalan rel kereta api, maka disusunlah buku teks Konstruksi Jalan Baja ini.

Buku teks Konstruksi Jalan Baja ini disusun dengan mengambil sumber dari berbagai kepustakaan tentang jalan baja, baik berupa buku-buku teks dalam bahasa Inggris, jurnal-jurnal, serta Peraturan-Peraturan tentang Perencanaan dan Pemeliharaan Jalan Baja yang dikeluarkan oleh Pemerintah dan instansi yang berwenang dalam pengelolaan jalan baja.

Buku teks ini terdiri dari sembilan bab yang diawali dengan bab pendahuluan yang berisi tentang sejarah perkereta-apian di Indonesia dan persyaratan teknik konstruksi jalan baja dan diakhiri dengan bab yang membahas tentang pemeliharaan jalan baja. Di dalamnya dibahas dan dijelaskan tentang rel, bantalan, balas, wesel yang merupakan komponen utama jalan baja, serta setasiun dan emplasemen. Perencanaan dan perhitungan kekuatan konstruksi jalan baja diberikan pada bab 7. Buku ini disertai dengan gambar-gambar diperlukan yang dicetak berwarna agar menarik bagi pembaca terutama mahasiswa yang mempelajarinya.

Sudah barang tentu masih banyak kekurangan dalam penyusunan buku teks ini, untuk hal tersebut kritik dan saran yang konstruktif dan membangun akan sangat ditunggu oleh penyusun demi sempurnanya buku teks ini. Semoga buku teks ini bermanfaat dan dapat dipergunakan dengan baik sesuai harapan dan tujuannya.

Alahamdulillahi Robbil 'Alamin

Wassalamu'alaikum warohmatullahi wabarokatuh

Semarang, 3 Mei 2012

Penyusun

KATA PENGANTAR

Salam sejahtera,

Para pembaca yang budiman, saya merasa senang dan mensyukuri dengan telah diterbitkannya BUKU TEKS KONSTRUKSI JALAN BAJA yang ditulis oleh Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng.Sc., Ph.D.

Buku ini memberikan tambahan pengetahuan perihal konstruksi jalan baja atau jalan rel kereta api. Sebagai moda transportasi darat, kereta api saat ini terasa sangat penting dengan semakin padatnya lalu-lintas jalan raya khususnya di Pulau Jawa. Agar transportasi kereta api dapat berjalan dengan lancar dan aman, maka diperlukan adanya rel kereta api yang terpasang dengan kuat serta terpelihara dengan baik.

Untuk tujuan tersebut, buku ini secara lengkap memuat pengetahuan jalan rel kereta api, mulai dari konstruksi jalan relnya, jenis-jenis rel, cara memasang rel, bantalan rel, pengikat rel, dan bahan balas di mana bantalan dan rel diletakkan, serta cara pemeliharaan jalan rel.

Lebih menarik lagi buku ini didahului dengan bab tentang sejarah perkerata-apian di Indonesia dari sejak pertama kali jalan rel dibuat di Indonesia pada masa penjajahan Belanda sampai sekarang. Juga dengan dibahasnya emplasemen dan setasiun dalam suatu bab tersendiri menjadikan buku ini dapat dipergunakan sebagai acuan yang lengkap tentang ilmu konstruksi jalan baja atau jalan rel kereta api sebagaimana yang diharapkan oleh penulisnya.

Saya ucapkan selamat kepada penulis yang telah dapat menerbitkan buku ini, yang akan memberi manfaat bagi praktisi dan akademisi di bidang konstruksi jalan rel kereta api.

Denpasar – Bali, Mei 2012
Prof. Ir. I Nyoman Arya Thanaya, ME., Ph.D.
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Udayana

DAFTAR ISI

	Hal.
DEDIKASI	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
PRAKATA	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xxxii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. SEJARAH KERETA API DI INDONESIA	1
1.2. KETENTUAN UMUM PERENCANAAN JALAN REL	17
1.2.1. Umum	17
1.2.2. Kecepatan dan Beban Gandar Kereta Api	18
1.2.3. Peraturan-Peraturan Dinas Kereta Api yang	19
Dipergunakan dalam merencana jalan rel K,A. ...	
1.2.4. Standar Rel Indonesia	19
1.2.5. Ruang Bebas dan Ruang Bangun	20
1.2.6. Perlintasan sebidang	24
1.2.7. Konstruksi perlintasan Sebidang	25
1.2.8. Peraturan Lain-Lain	27
1.3.DAFTAR PUSTAKA	28

BAB 2. STRUKTUR JALAN BAJA	
2.1. DEFINISI STRUKTUR JALAN BAJA	29
2.1.1 Cakupan Prasarana Kereta Api	29
2.1.2. Struktur Jalan Rel	30
2.1.3. Tanah dasar pada timbunan	32
2.1.4. Tanah dasar pada galian atau tanah asli	39
2.2. DATA UNTUK PERENCANAAN BADAN BAJA.....	43
2.2.1. Data Geologi	43
2.2.2. Data Hidrologi	43
2.2.3. Data tanah	44
2.3. SISTIM DRAINASI JALAN REL...	48
2.3.1. Umum	48
2.3.2. Jenis-jenis drainase	48
DAFTAR PUSTAKA	64
BAB 3. REL	65
3.1. FUNGSI REL	65
3.2. JENIS-JENIS REL MENURUT FUNGSIONYA	66
3.2.1. Rel Standar atau rel Vignola	67
3.2.2. Rel non-standar atau rel wesel	69
3.2.3. Rel alur (Grooved rel)	69
3.3. JENIS-JENIS REL MENURUT PANJANGNYA	69
3.4. GEOMETRI PROFIL REL STANDAR	70
3.5. TIPE DAN KARAKTERISTIK PENAMPANG REL ..	72
3.6. SAMBUNGAN REL	73
3.6.1. Sambungan dengan alat penyambung	74
3.6.1.1. Persyaratan plat penyambung	77
3.6.1.2. Celah sambungan	80
3.6.1.3. Sambungan muai	84

3.6.1.4. Sambungan berisolasi	85
3.6.1.5. Sambungan pada struktur peralihan	88
jembatan.....	
3.6.2. Sambungan dengan las	89
3.6.2.1. Pengelasan flash butt	89
3.6.2.2. Proses pasca pengelesan flash butt	92
3.6.2.3. Pengelasan Thermit	94
3.6.2.4. Metode pengelasan Thermit dg Sm W-F ..	96
3.6.2.5. Metode pengelasan Sk V	98
3.6.2.6. Langkah akhir pengelasan dengan	99
Thermit	
3.6.2.7. Wujud hasil akhir Thermit	101
3.6.3. Geometri rel hasil las	102
3.6.4. Kualitas geometri pengelasan Flash butt dan	104
Thermit	
3.2. PEMBUATAN REL SECARA MODERN	105
3.3. KERUSAKAN REL	135
3.3.1. Kerusakan di ujung rel	136
3.3.2. Kerusakan bukan di ujung rel	138
DAFTAR PUSTAKA	159
BAB 4. PENAMBAT REL DAN WESEL	161
4.1. ALAT PENAMBAT REL	161
4.1.1. Pembagian alat penambat	162
4.1.2. Plat andas	164
4.1.3. Penambat elastis	165
4.1.4. Rail Pad	168
4.2. SISTIM JALAN BAJA	169
4.2.1. Slab Track	169

4.2.2. Perlintasan sebidang	170
4.2.3. Lempengan ringan	170
4.2.4. Lempengan berat	171
4.2.5. Harmelen Crossing	172
4.2.6. Jalan rel pada bangunan hikmat	173
4.2.6.1. Jalan rel di atas BH dengan balas dan	173
Bantalan menerus	
4.2.6.2. Jalan rel di atas BH tanpa balas	174
4.3. WESEL DAN PERSILANGAN	175
4.3.1. Fungsi weasel dan persilangan	175
4.3.2. Jenis-jenis weasel dan jalan silang	175
4.3.3. Komponen weasel	182
4.3.4. Bagian-bagian weasel	185
4.3.4.1. Bagian pengarah	185
4.3.4.2. Jarum weasel biasa	186
4.3.4.3. Rel closure	188
4.4. REL DAN BANTALAN PADA WESEL	188
4.5. GEOMETRI WESEL	189
4.6. WESEL UNTUK K.A. BERKECEPATAN TINGGI ...	189
4.7. BAGAN WESEL	191
4.8. PERHITUNGAN WESEL	194
4.9. WESEL PADA PENYEBERANGAN JALAN REL	197
DAFTAR PUSTAKA	200
BAB 5. BANTALAN DAN BALAS	201
5.1. BANTALAN	201
5.1.1. Bantalan Kayu	203
5.1.1.1. Jenis-jenis bantalan kayu yang digunakan	204
5.1.1.2. Persyaratan pemasangan bantalan kayu ...	204

5.1.1.3. Persyaratan mutu dan ukuran bantalan ... kayu	205
5.1.2. Bantalan beton	206
5.1.2.1. Jenis bantalan beton	206
5.1.2.2. Keunggulan bantalan beton balok ganda . terhadap balok tunggal	212
5.1.2.3. Keunggulan bantalan beton balok tunggal	212
5.1.2.4. Keunggulan dan kelemahan bantalan beton	212
5.1.3. Bantalan besi	213
5.1.3.1. Ukuran dan mutu baja	213
5.1.3.2. Jarak bantalan	214
5.1.3.3. Pengujian bantalan besi	215
5.1.4. Memperkirakan kerusakan bantalan	215
5.2. BALAS	216
5.2.1. Fungsi utama balas	216
5.2.2. Beberapa jenis balas yang umum dipergunakan ...	217
5.2.3. Lapisan balas atas	218
5.2.4. Lapisan balas bawah	218
5.2.5. Bentuk dan ukuran lapisan balas atas	218
5.2.6. Bentuk dan ukuran lapisan balas bawah	219
5.2.7. Kepadatan lapisan balas	221
5.2.8. Pencemaran lapisan balas	221
5.2.9. Memperkirakan kerusakan balas	221
5.2.10. Merencanakan penggantian balas	222
5.2.11. Jalan rel tanpa balas	222
5.2.12. Perbandingan jalan rel dengan dan tanpa balas ..	223
DAFTAR PUSTAKA	224

BAB 6. GEOMETRI JALAN BAJA	225
6.1. PARAMETER GEOMETRI JALAN BAJA	225
6.2. ALINEMEN HORIZONTAL	227
6.2.1. Lebar sepur	227
6.2.2. Lengkung horizontal	227
6.2.3. Pengaruh lengkung	228
6.2.4. Peninggian	229
6.2.5. Kekurangan peninggian	231
6.2.6. Kelebihan peninggian	233
6.2.7. Peninggian maksimum	233
6.2.8. Jenis-jenis lengkung	234
6.2.9. Clothoid	236
6.2.10. Parabole kubus (parabole pangkat tiga)	238
6.2.11. Pergeseran lengkung	239
6.2.12. Peralihan kerataan	240
6.2.13. Panjang lengkung peralihan normal	242
6.2.14. Lengkung bersambung atau lengkung S	243
6.2.15. Tahanan lengkung	244
6.2.16. Tanjakan, Tahanan tanjakan	245
6.2.17. Besarnya tanjakan	245
6.2.18. Lengkung peralihan vertikal	246
6.2.19. Pelebaran jalan rel	247
6.2.20. Peninggian rel	248
6.2.21. Landai jalan rel	250
6.3. ALINEMEN VERTIKAL	252
6.4. PENAMPANG MELINTANG	252
6.5. RUSAKNYA GEOMETRI JALAN REL...	255
6.5.1. Pendahuluan	255
6.5.2. Catatan kerusakan yang lalu	256

6.5.3. Faktor-faktor yang mempengaruhi rusaknya	258
Geometri jalan rel	
6.5.4. Laju kerusakan geometri	260
6.5.5. Pengaruh pemecokan	262
6.5.6. Pengaruh pelurusan hasil pengelasan	262
6.5.7. Timbulnya korugasi	264
6.5.8. Pengaruh suntikan balas	265
6.5.9. Timbulnya tahanan lateral pada jalan rel	265
6.6. SISTIM PENGUKURAN GEOMETRI JALAN BAJA .	268
6.6.1. Pendahuluan	268
6.6.2. Beberapa aspek pengukuan geometri jalan rel	268
DAFTAR PUSTAKA	270
BAB 7. PERENCANAAN JALAN BAJA	271
7.1. PARAMETER PEMBEBANAN PADA JALAN BAJA	271
7.1.1. Tekanan gandar	271
7.1.2. Tonase	272
7.1.3. Kecepatan	273
7.1.4. Penyebab dan sifat beban-beban pada jalan rel	273
7.2. GAYA-GAYA YANG BEKERJA PADA BAJA	275
7.2.1. Gaya Vertikal	275
7.2.2. Resiko miring	277
7.2.3. Gaya leteral	278
7.2.4. Gabungan pengaruh gaya-gaya Q/Y	279
7.2.4.1. Titik pertemuan tunggal dan ganda	279
antara roda dan rel	
7.2.4.2. Resiko anjlog (derailment)	279
7.2.5. Gaya lateral total pada jalan rel	280
7.2.6. Gaya longitudinal	281

7.2.7. Rel merayap	282
7.2.8. Beban pengereman	284
7.3. TEGANGAN REL	284
7.3.1. Tegangan pada pertengahan kaki rel	284
7.3.2. Pengaruh parameter pada tegangan tekuk	287
7.3.3. Tegangan pada kepala rel	288
7.3.4. Tegangan geser maksimum pada kepala rel	290
7.3.5. Tegangan geser yang diijinkan	291
7.3.6. Tekanan tinggi dari roda atau radius kecil roda ...	292
7.3.. Tegangan rel karena kombinasi beban	293
1) Beban partial I	294
2) Beban partial II	295
3) Beban partial III	296
7.4. KOMPOSISI BEBAN	296
7.4.1. Tegangan pada bantalan	297
7.4.2. Tekanan konak antara rel dengan bantalan	299
7.4.3. Tegangan pada lapisan balas dan badan jalan	299
7.4.4. Tegangan vertikal pada lapisan balas	300
7.4.5. Tegangan vertikal pada badan jalan	301
7.4.6. Metode persamaan Odemark	302
DAFTAR PUSTAKA	306
BAB 8. SETASIUN DAN EMPLASEMEN	307
1. PENDAHULUAN	307
2. SETASIUN	308
2.1. Bangunan setasiun menurut tujuannya	309
2.2. Bangunan setasiun menurut besarnya	310
2.3. Bangunan setasiun menurut kedudukannya	310
2.4. Bangunan setasiun menurut posisinya	311

2.5.PERON.....	315
2.5.1. Overpass dan Underpass	317
2.5.2. Lalu-lintas di setasiun	319
2.5.3. Gudang barang	319
3. SEASIUN ANTARA YANG SEDERHANA	321
4. SETASIUN PERALIHAN	327
5. SETASIUN PERSILANGAN	336
6. SETASIUN UJUNG	338
6.1.Setasiun ujung pada lintas dengan sepur ganda	339
6.2.Setasiun ujung pada dua lintas masing-masing	342
dengan sepur ganda	
7. EMPLASEMEN	343
8. EMPLASMEN PENYUSUN	347
9. EMPLASEMEN BARANG	350
DAFTAR PUSTAKA	352
BAB 9. PEMELIHARAAN JALAN BAJA	353
9.1.PENDAHULUAN	353
9.2.ASPEK UMUM PEMELIHARAAN	355
9.3.PEMELIHARAAN STRUKTUR JALAN BAJA	388
9.4.PENGGANTIAN BANTALAN	391
9.5.PENGGANTIAN REL	392
9.6.PEMBAHARUAN JALAN REL MEKANIS	392
9.6.1. Pendahuluan	392
9.6.2. Penutupan jalan rel	393
9.6.3. Metode gantry crane	394
9.6.4. Metode per bagian	394
9.6.5. Metode menrus	396
9.6.6. Kereta pengganti jalan rel	406

9.7.PENGGANTIAN WESEL	408
9.7.1. Perakitan	408
9.7.2. Pemasangan wesel.....	409
9.8.PEMASANGAN PANEL JALAN REL.....	409
9.8.1. Pertimbangan umum	409
9.8.2. Kereta pemasang panel	410
9.8.3. Sistim Platow	412
9.9.JALUR KERETA API CEPAT	413
9.10. PEMERIKSAAN REL DENGAN ULTRASONIK	415
9.10.1. Pendahuluan	415
9.10.2. Diskripsi kereta ultrasonic	417
9.10.3. Sistim Probe	418
9.10.4. Daerah pemeriksaan	420
9.11. PEMERIKSAAN INCIDENT	422
9.12. PENGEMBANGAN PEMERIKSAAN	424
DAFTAR PUSTAKA	425
INDEKS	426

DAFTAR GAMBAR

No. GAMBAR		Hal
BAB 1. PENDAHULUAN		
1.1	Tiket Kereta Api Malam De JAVA NACHT EXPRESS	7
1.2	Peta jalan kereta api di Jawa Barat th. 1930 ..	8
1.3	Rangkaian kereta api di Jawa Barat th. 1951..	13
1.4	Lokomotif Diesel Modern	16
1.5	Ruang bebas pada jalan rel lurus	21
1.6	Ruang bebas pada jalan rel di tikungan	22
1.7	Ruang bebas pada jalan rel lurus untuk jalan ganda	23
1.8	Ruang bebas jalan rel di tikungan pada jalan ganda	23
1.9	Perlindungan sebidang jalan rel dengan jalan ... Raya	25
1.10	Potongan melintang perlindungan sebidang menggunakan plat beton	26
1.11	Potongan melintang perlindungan sebidang menggunakan plat baja dan penambat	26
	pendrol	

1.12	Potongan melintang perlintasan sebidang menggunakan plat baja dan penambat kayu ..	26
1.13	Potongan melintang perlintasan sebidang menggunakan balok kayu	27
1.14	Potongan melintang perlintasan sebidang dengan perkerasan aspal	27

BAB 2. STRUKTUR JALAN BAJA

2.1	Susunan struktur jalan rel kereta api	30
2.2	Jalan rel kereta api	31
2.3	Konstruksi badan jalan kereta api pada	31
	timbunan, galian, dan permukaan tanah asli ..	
2.4	Badan jalan rel pada timbunan	32
2.5	Badan jalan pada timbunan di atas permuka- an tanah asli yang miring	33
2.6	Timbunan badan jalan dengan pengaman Talud	33
2.7	Konstruksi badan jalan pada timbunan	34
	dengan pengaman talud dari pasangan batu ..	
2.8	Dimensi penurunan tanah karena konsolidasi	34
2.9	Talud pengaman badan jalan di bawah air ...	35
2.10	Saluran drainase sejajar dan tegak lurus	36
	badan jalan	
2.11	Badan jalan di atas tanah lunak yang diganti . Dengan lapisan pasir	37
2.12	Lapisan pasir yang mendesak tanah asli yang sangat elembek	37
2.13	Metode untuk mengatasi terdsaknya tanah	37

	lembek oleh lapisan pasir	
2.14	Ketentuan lebar timbunan jalan kereta api ...	39
2.15	Badan jalan rel pada galian	39
2.16	Konstruksi saluran samping pada galian yang dalam	40
2.17	Pengaman talus galian dengan saluran	41
	Cavalier	
2.18	Talud galian dengan beberapa kemiringan ...	41
2.19	Ketentuan lebar tanah dasar jalan rel dalam galian	42
2.20	Grafik hubungan antara tekanan pada tanah dasar dengan batas air dan pemompaan lumpur	47
2.21	Hubungan antara tegangan pada tanah dasar dengan CBR tanah dasar dan penghisapan lumpur	47
2.22	Ukuran penampang saluran drainase	51
2.23	Konstruksi drainas bawah tanah	58
2.24	Drainase di atas lapisan kedap air yang miring	59
2.25	Drainase di atas lapisan kedap air yang datar	60
2.26	Hubungan antara filter dengan material badan jalan	61
2.27	Contoh drainase permukaan	63
2.28	Contoh jenis-jenis drainase lereng	63
2.29	Contoh jenis-jenis drainase	63

BAB 3. REL

3.1	Jenis-jenis rel	66
3.2	Posisi rel dan roda untuk mencegah keausan rel	68
3.3	Penampang dan ukuran rel UIC 54	70
3.4	Penampang dan ukuran rel UIC 60	71
3.5	Plat penyambung	75
3.6	Sambungan melayang	75
3.7	Sambungan menumpu	76
3.8	Sambungan siku	76
3.9	Sambungan berselang-seling	76
3.10	Plat penyambung untuk rel R.42, R.50 dan ... R.54	78
3.11	Plat penyambung untuk rel R.60	78
3.12	Gaya-gaya pada baut pelat penyambung	79
3.13	Gaya-gaya pada plat penyambung	80
3.14	Sambungan miring	84
3.15	Perangkat muai	85
3.16	Sambungan berisolasi dan dilem	86
3.17	Penampang sambungan berisolasi	86
3.18	Penempatan sambungan rel panjang yang melintasi jembatan	88
3.19	Peralihan jembatan dengan filler	88
3.20	Prinsip pengelasan flash butt	90
3.21	Potongan longitudinal hasil las flash butt	91
3.22	Mesin las flash butt mobile K3355-APT	92
3.23	Proses pasca pengelasan flash butt	93
3.24	Penekanan keatas 2mm	93

3.25	Pendinginan las flash butt dengan udara	94
3.26	Pendinginan las flash butt dengan air	94
3.27	Reaksi TEHRMIT	95
3.28	Cetakan SmW-F	96
3.29	Pemanasan dengan oksigen propane	97
3.30	Hasil las SmW-F yang telah digerinda	97
3.31	Diagram pengelasan SmW-F	98
3.32	Diagram penuangan SkV-F	99
3.33	Mesin pahat hidrolis	100
3.34	Mesin gerinda	101
3.35	Macrograph las SmW-F	102
3.36	ULTP dan ESE yang dipakai di NS	103
3.37	Geometri las dengan ULTP/ESE	104
3.38	Proses pembuatan rel di Thyssen	106
3.39	Skema tungku pembakaran	108
3.40	Basic Oxygen Furnace (BOF)	109
3.41	Skema Vacuumdegassing unit	110
3.42	Prinsip pengecoran ingot	111
3.43	Prinsip pengecoran menerus	112
3.44a	Tundish	113
3.44b	Starnds	113
3.44c	Hasil cetakan	114
3.45	Strand melewati ruang pendinginan	115
3.46	Pemanasan pada tungku pemanas	116
3.47	Awal pembentukan rel	117
3.48	Alat pembentuk rel di Thyssen	118
3.49	Batangan rel keluar dari alat pembentuk	119
3.50	Mesin pelurus	120

3.51	Tegangan sisa akibat pelurusan	121
3.52	Pemeriksaan ultrasonic	122
3.53	Pemeriksaan ukuran rel dengan template	123
3.54	Keausan pearlitic baja rel	125
3.55	Hasil pengujian keausan lateral rel	126
3.56	Kekuatan rel terhadap kelelahan tekuk	127
3.57	Hubungan antara laju penyebaran retak dan intensitas tegangan	130
3.58	Uji ketahanan terhadap patah	131
3.59	RFR terhadap K_{IC}	131
3.60	Pngujian mekanika retakan	133
3.61	Laju penyebaran retak terhadap faktor intensitas tegangan	133
3.62	Nilai tegangan kritis terhadap kedalaman kritis retakan untuk UIC 900A	134
3.63	Kerusakan kode 1321	137
3.64	Kerusakan kode 135	138
3.65	Kerusakan kode 200	139
3.66	Kerusakan kode 211	140
3.67	Rel keriting pendek	142
3.68	Kerusakan kode 2202 Rel keriting panjang ...	142
3.69	Kerusakan kode 2221	143
3.70	Kerusakan kode 2222.....	145
3.71	Kerusakan kode 2251	146
3.72	Kerusakan kode 2252	148
3.73	Keriusakan kode 232	149
3.74	Kerusakan kode 253	150
3.75	Kerusakan kode 411	151

3.76	Kerusakan kode 412	153
3.77	Kerusakan kode 421	154
3.78	Kerusakan kode 422	155
3.79	Kerusakan kode 471	156
3.80	Kerusakan kode 481	157
3.81	Pola retakan pada rel luar di lengkung karena beban yang berlebihan	158

BAB 4. PENAMBAT REL DAN WESEL

4.1	Alat penambat tidak langsung Delft system ..	163
4.2	Gaya-gaya yang bekerja pada plat andas	164
4.3	Penambat DE Clip pada bantalan kayu	165
4.4	Penambat DE Clip pada bantalan beton	166
4.5	Penambat Pendrol dan Pendrol Fastclip	167
4.6	Penambat Vosloh	167
4.7	Penambat MacKay dan Nabla	168
4.8	Alat penambat elastis Pendrol	168
4.9	Perlindungan dengan lempengan ringan	171
4.10	Perlindungan dengan lempengan berat	172
4.11	Konstruksi Harmelen	173
4.12	Jenis-jenis wesel biasa	176
4.13	Jenis-jenis wesel tiga jalan dan wesel Inggris	177
4.14	Wesel kiri standar	178
4.15a	Wesel standar biasa kanan	178
4.15b	Wesel simetris	179
4.15c	Persilangan dengan dua persimpangan	179
4.15d	Persilangan dengan satu simpangan	180
4.15e	Jalan silang	180

4.16	Jalan silang normal	180
4.17	Jalan silang lengkung	181
4.18	Persilangan tegak lurus dan miring	181
4.19	Persilangan dengan sudut kecil	182
4.20	Aaaajrum kaku dibaut	184
4.21	Wesel dan gambar potongan melintang lidah wesel	185
4.22	Profil wesel khusus DB	186
4.23	Foto wesel biasa dan lidah wesel	186
4.24	Jarum wesel siap pakai	187
4.25	Jarum wesel dari mangan cor	188
4.26	Wesel 1 : 34.7	190
4.27	Wesel dengan jarum lentur	191
4.28	Detail wesel dengan swing nose	192
4.29	Bagan ukuran wesel	192
4.30	Bagan ukuran wesel biasa	193
4.31	Bagan ukuran wesel tergeser	193
4.32	Bagan ukuran wesel Inggris	193
4.33	Panjang jarum wesel	194
4.34	Ukuran panjang lidah wesel	195
4.35	Ukuran kidah wesel berpegas	195
4.36	Jari-jari lengkung luar	196
4.37	Wesel yang menghubungkan dua jalan rel sejajar	197
4.38	Wesel yang menghubungkan lebih dari dua jalur sejajar.....	197
4.39	Penyeberangan ganda	198
4.40a	Gabungan dua wesel menghubungkan dua	198

	jalur	
4.40b	Wesel tunggal dan wesel ganda	198
4.40c	Dua penyeberangan yang saling memotong dengan diamond crossing di tengah	199
4.40d	Penyeberangan (crossover)	199
4.41	Tata letak wesel di emplasemen	199

BAB 5. BANTALAN DAN BALAS

5.1	Tumpuan bantalan	202
5.2	Bantalan kayu dengan penambat DE	203
5.3	Bantalan beton ganda	207
5.4	Bantalan beton ganda dengan penambat nabla	207
5.5	Rel dengan bantalan beton tunggal dengan penambat Pendrol	208
5.6	Penampang bantalan besi	214
5.7	Bentuk memanjang bantalan besi	214
5.8	Jalan rel dengan balas dan tanpa balas	224

BAB 6. GEOMETRI JALAN BAJA

6.1	Komposisi geometri.....	226
6.2	Hubungan antara radius dengan sudut lengkung	228
6.3	Akselerasi di lengkungan	230
6.4	Lengkung clothoid	237
6.5	Parabola kubus	239
6.6	Pergeseran lengkung	240
6.7	Percepatan lateral di lengkungan	241

6.8	Lengkung bersambung yang sama arahnya ...	243
6.9	Lengkung S	244
6.10	Gaya tarik yang diperlukan di tanjakan	246
6.11	Peninggian Elevasi rel pada lengkngan jalur tunggal	253
6.12	Peninggian elevasi rel pada lengkungan luar jalur ganda.....	254
6.13	Penampang melintang jalan rel pada bagian lengkung	254
6.14	Penampang melintang jalan rel pada lengkung jalur tunggal	254
6.15	Penampang melintang jalan rel pada bagian lurus jalur ganda	254
6.16	Penampang melintang jalan rel pada lengkung jalur ganda	255
6.17	Contoh perubahan kerataan jalan rel pada 10 bagian sepanjang 200 m	259
6.18	Data historis kualitas jalan rel di lintas pengujian BR	259
6.19a	Contoh menurunnya kualitas secara pelan-pelan dalam beberapa siklus pemeliharaan ...	261
6.19b	Contoh meningkatnya kualitas secara pelan-pelan dalam beberapa siklus pemeliharaan ...	261
6.20	Sebaran kerusakan pada dua jalur SNCF yang bersebelahan	263
6.21	Peningkatan pada angkatan dan listringan setelah pemcokan	263
6.22	Tahanan lateral terhadap beban vertikal hasil	266

	pengukuran NS	
6.23	Peningkatan tahanan lateral terhadap tonase dengan dan tanpa penggunaan DTS	267

BAB 7. PERENCANAAN JALAN BAJA

7.1.	Gaya-gaya quasi-statis pada kendaraan di lengkung	274
7.2	Gaya-gaya yang bekerja pada rel	276
7.3	Titik pertemuan tunggal dan ganda antara roda dan rel	279
7.4	Keadaan pada saat rel naik	280
7.5	Distribusi gaya suhu pada rel panjang menerus	283
7.6	Tegangan sisa pada rel	285
7.7	Distribusi normal dari tegangan tekuk yang diukur	285
7.8	Distribusi tegangan geser pada kepala rel	288
7.9	Distribusi tegangan kontak asumsi antara roda dengan rel menurut Eisenmann	289
7.10	Parameter perhitungan tegangan tekuk karena beban Q/Y	293
7.11	Komposisi beban untuk perhitungan tegangan pada rel	294
7.12	Anggapan distribusi tegangan kontak pada bantalan	298
7.13	Distribusi tegangan pada badan jalan	303
7.14	Tegangan karena beban pada setengah ruang	304

BAB 8. SETASIUN DAN EMPLASEMEN		
8.1	Sketsa letak setasiun	311
8.2	Sketsa setasiun ujung	312
8.3	Foto setasiun ujung	312
8.4	Sketsa setasiun sejajar	313
8.5	Foto setasiun sejajar	313
8.6	Sketsa setasiun sejajar	314
8.7	Setasiun pulau	314
8.8	Sketsa setasiun semenanjung	315
8.9	Ketinggian (elevasi) lantai peron	316
8.10	Underpass di emplasemen	317
8.11	Overpass di emplasemen	318
8.12	Gedung barang kereta api	320
8.13	Diagram perjalanan kereta api	321
8.14	Diagram perjalanan K.A. dengan kapasitas tambahan	323
8.15	Diagram lalu-lintas K.A. dengan sepur ganda	324
8.16	Emplasemen dengan jalan-jalan rel penyusul untuk kereta api barang	326
8.17	Emplasemen dengan jalan-jalan rel penyusul untuk kereta api penumpang dan barang	326
8.18	Setasiun peralihan (1)	328
8.19	Setasiun peralihan (2)	329
8.20	Emplasemen setasiun peralihan eksplotasi lin tipe 1	330
8.21	Emplasemen setasiun peralihan eksplotasi lin tipe 2	330
8.22	Setasiun peralihan aksplotasi arah tipe 1	333

8.23	Setasiun peralihan eksplotasi arah tipe 2	331
8.24	Persilangan sepur utama pada stasiun peralihan eksplotasi arah tipe 1	331
8.25	Persilangan sepur utama pada stasiun peralihan aksplotasi arah tipe 2	332
8.26	Setasiun peralihan eksplotasi arah yang ramai dengan tiga sepur peron tipe 1	333
8.27	Setasiun peralihan eksplotasi arah yang ramai dengan tiga sepur peron tipe 2	334
8.28	Penyelesaian lalu-lintas sudut di stasiun peralihan yang ramai	335
8.29	Setasiun peralihan dengan tiga peron pulau ..	336
8.30a	Persilangan eksplotasi lin	337
8.30b	Persilangan eksplotasi arah	337
8.31	Setasiun ujung pada lintas rel ganda tipe A ...	340
8.32	Setasiun ujung pada lintas rel ganda tipe B ...	341
8.33	Setasiun ujung pada lintas rel ganda tipe C	341
8.34	Emplasemen stasiun ujung dengan peralihan lintas	343
8.35	Persilangan sebidang antara jalan-jalan rel utama di emplasemen	344
8.36	Persilangan sebidang di emplasemen di mana jalan-jalan rel utama yang masuk tidak bersilnagan	345
8.37	Emplasemen penyusun sebagai stasiun awal dan setaiun akhir	349

BAB 9. PEMELIHARAAN JALAN BAJA		
9.1	Bagan proses pemeliharaan dan penggantian jalan rel	354
9.2	Hand held stone blower	357
9.3	Peralatan FROG	357
9.4	Contoh-contoh korugasi rel	358
9.5	Kereta api mesin gerinda rel GWM 220	359
9.6	Unit gerinda pada GWM 220	360
9.7	Unit penggerinda Speno	360
9.8	Prinsip kerja gerinda Speno	361
9.9	Permukaan yang digerinda perbedaannya jelas	361
9.10	Profil rel setelah digerinda asimetris	362
9.11	Contoh hasil gerinda simetris	363
9.12	Mesin gerinda wesel RR 16 P/D	364
9.13	Prinsip STRAIT	365
9.14	Unit pelurus pada mesin STRAIT	366
9.15	Unit STRAIT dengan penjepit kepala rel	367
9.16	Prinsip pemecokan dinamis	370
9.17	Unit pemecok	370
9.18	Mekanisme angkat listring	371
9.19	Plasser 09-32 CSM	372
9.20	Mesin pecok untuk di wesel	372
9.21	Prinsip pemecokan dg 3 titik pengukuran	373
9.22	Prinsip pengukuran untuk angkatan	374
9.23	Sistim listringan 4 titik	375
9.24	Memperhalus kesalahan posisi	378
9.25	Prinsip DRIVER	379

9.26	DRIVER	379
9.27	Karakteristik turunnya angkatan setelah pemecokan	380
9.28	Prinsip penyuntikan balas	381
9.29	Mesin penyuntik balas	382
9.30	Design tamping	383
9.31	Dynamic track stabilizer	384
9.32	Mesin pembersih balas	385
9.33	Kontainer pengangkat balas	386
9.34	Hubungan antara suhu udara dengan suhu rel	387
9.35	Prosedur metode menerus	397
9.36.1	Penurunan crane	398
9.36.2	Pemotongantandan rel lama per 30m'	398
9.36.3	Tandan rel dimuat ke K.A.	399
9.36.4	Pengorekan untuk mengireksi kedalaman dengan acuan rel darurat	399
9.36.5	Pemasangan tandan rel per 30m dengan metode lama	400
9.36.6	Metode baru menerus pemuatan tandan rel dengan 50m batalan beton	400
9.36.7	Membongkar bantalan satu per satu 2 x 15m.	401
9.36.8	Pemasangan rel di atas bantalan dengan	401
9.36.9	Penggantian rel sementara dengan rel baru ...	402
9.36.10	Pengelasan Thermit pada sambungan dengan jalan lama	402
9.36.11	Mengukur suhu rel	403
9.36.12	Memanaskan rel	403
9.36.13	Menyambung jalan lama dengan jalan baru	404

	dengan hydraulic stretching device	
9.36.14	Memasang alat penambat elastis DE Clip	404
9.36.15	Membongkar balas	405
9.36.16	Pemcokan diulangi pada malam kedua.....	405
9.36.17	Pemadatan	405
9.36.18	Kereta api kerja	406
9.36.19	Membentuk balas	406
9,37	Kereta pengganti jalan rel SUM-Q	407
9.38	Kereta pengganti jalan rel SMD-80	407
9.39	Berbagai prinsip yang dipakai pada mesin pengganti jalan rel	408
9.40	Pemasang panel SVM 1000	411
9.41	Prinsip SVM 1000	411
9.42	Pemasangan panel dengan sistim Platow	412
9.43	Memasang jalur bantalan	414
9.44	Pemasokan bantalan	414
9.45	Penempatan bantalan	415
9.46	Peralatan ultrasonic tentengan	417
9.47	Kereta untrasonic	418
9.48	Sistim Probe	419
9.49	Prinsip penempatan sepatu probe pada rel	419
9.50	Troli pengarah	420
9.51	Bidang rel yang diperiksa	421
9.52	Pola gema ultrasonic	422

DAFTAR TABEL

No. TABEL		Hal
BAB 1. PENDAHULUAN		
1.1	Kelas jalan rel	20
1.2	Panjang minimum jarak pandangan untuk kombinasi kecepatan	24
BAB 2. STRUKTUR JALAN BAJA .		
2.1	Rumus ukuran timbunan tanah	35
2.2	Bahan pembentuk saluran drainase	51
2.3	Koeffisiensi dan kekasaran permukaan saluran	54
2.4	Harga C regantung tata guna tanah	54
2.5	Harga C untuk kondisi permukaan tanah	55
2.6	Penentuan masa hujan	56
2.7	Muka air tanah berdasar jenis tanah	60
BAB 3. REL		
3.1	Panjang minimum rel panjang	69
3.2	Kelas jalan rel dan tipe rel	72
3.3	Karakteristik penampang rel	74

3.4	Kemiringan tepi bawah kepala rel dan tepi atas kaki rel	77
3.5	Komposisi kimia bahan pelat penyambung ...	78
3.6	Besar celah pada sambungan rel standard an rel pendek	81
3.7	Besar celah untuk sambungan rel panjang pada bantalan kayu	82
3.8	Batas suhu pemasangan rel standard an rel pendek	82
3.9	Besar celah untuk sambungan rel panjang pada bantalan beton	83
3.10	Batas suhu pemasangan rel panjang pada bantalan beton	83
3.11	Panjang daerah muai	87
3.12	Hasil uji putus rel	132
3.13	Koe kerusakan rel menurut klasifikasi	135
 BAB 4. PENAMBAT REL DAN WESEL.		
4.1	Kekakuan dinamis dan daya jepit rubber-bonded dan EVA	169
 BAB 5. BANTALAN DAN BALAS		
5.1	Kelas kayu untuk bantalan	206
5.2	Momen minimum yang dipikul oleh bantalan beton pretension	210
5.3	Momen minimum yang dipikul oleh bantalan beton posttension	211

BAB 6. GEOMETRI JALAN BAJA

6.1	Persyaratan perencanaan lengkungan	235
6.2	Pelebaran sepur	248
6.3	Elevasi rel pada tikungan dengan rumus 6.2..	249
6.4	Pengelompokan lintas berdasarkan	250
	kelandaian	
6.5	Landai penentu maksimum	251
6.6	Jari-jari minimum lengkung vertikal	252
6.7	Penampang melintang jalan rel	253
6.8	Rata-rata laju kerusakan	261

BAB 7. PERENCANAAN JALAN BAJA

7.1.	Tegangan-tegangan yang diijinkan pada tanah badan jalan rel	305
------	--	-----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. SEJARAH KERETA API DI INDONESIA

Sejarah jalan kereta api di Indonesia dimulai pada tanggal 17 Juni 1864 di mana Gubernur Jenderal Belanda L.A.J.W. Baron Sloet van Beele memulai pembangunan jalan kereta api pertama di Pulau Jawa yang kemudian menjadi bagian dari Netherlands East Indies. Jalur kereta api yang dibangun ini masuk dalam jaringan Perusahaan Jalan Kereta Api Nederland-Indische atau Netherlands East Indies Railway Company (*Nederlandsch-Indische Spoorweg Maatschappij*), dan jalur kereta api yang pertama dioperasikan adalah antara Semarang dan Tanggung yang dibuka pada tanggal 10 Agustus 1867.

Jalur tersebut ternyata tidak menguntungkan sehingga perusahaan berpaling pada pemerintah untuk membantu menyelesaikan sisa pembangunan jalur kereta api yang masih belum selesai dibangun yaitu sepanjang 166 km ke Jogjakarta melalui *Vorstenlanden*. Biaya pembangunan untuk jalur ini sangat besar karena dibangun dengan menggunakan standar lebar lintasan (lebar atau jarak antara rel ke rel) jalan kereta api 1435 mm. Biaya pembangunan yang besar untuk lintasan 1435 mm tersebut kemudian pada tahun 1869 melahirkan keputusan untuk menggunakan jalan kereta api dengan lebar lintasan yang lebih kecil, tetapi lebih ekonomis dan lebih sesuai yaitu lebar lintasan 1067 mm sebagaimana yang dilaporkan oleh J.A. Kool dan N.H. Henket, dan sampai sekarang rel kereta api di Indonesia menggunakan lebar lintasan 1067 mm. Pada kenyataannya hukum yang berlaku pada saat itu memang

hanya mengizinkan jalan kereta api dibangun dengan lebar lintasan 1067 mm untuk kereta api lalu lintas umum, dan lebar 600 mm untuk jalur pendukung (*feeder*).

Jalur kereta api pertama yang mempunyai lebar lintasan 1067 mm dibangun oleh *Nederlandsch-Indië Spoor* NIS yang menghubungkan Batavia (Jakarta) dan Buitenzorg (Bogor), dan dibuka pada tanggal 31 Januari 1873 setelah dua tahun dibangun. Jalur ini sangat menguntungkan tetapi terpisah dari jalur yang lain milik NIS di Jawa Tengah dan Jawa Timur sehingga kemudian dijual kepada perusahaan SS pada tahun 1913.

Pemerintah kemudian mulai ikut campur langsung dalam pembangunan jalan kereta api setelah dalam waktu yang sangat lama ragu-ragu karena pemerintah liberal Belanda di Eropa lebih senang apabila pihak swasta yang menangani pembangunan jalan kereta api di Netherlands-Indies. Meskipun demikian perusahaan negara perkertaapian menimbang perlu untuk tujuan strategis. Pada tanggal 16 Mei 1878 jalur jalan kereta api pertama yang dibangun oleh Negara yaitu *Staatsspoor en Tramwegen in Nederlandsch-Indië* (State Railway) yang menghubungkan antara Surabaya dan Pasuruan, dibuka. Tiga tahun kemudian, pembangunan jalan kereta api yang menghubungkan Bogor ke Cicurug di Jawa Barat dimulai dengan tujuan untuk mencapai Cilacap, kota pelabuhan yang penting di pantai Selatan Jawa.

Pada tahun 1884, jalur perusahaan SS dari arah Timur mencapai kota Surakarta, dan pada tahun 1888 jalur utama perusahaan NIS dari arah Barat mencapai kota Cilacap. Jalur kereta api yang menerus antara Jakarta dan Surabaya selesai pada tahun 1894 dengan selesai dibangunnya jalur antara Maos dan Cibatu. Perjalanan antara Jakarta dan Surabaya saat itu memakan waktu tiga hari atau tepatnya ditempuh dalam waktu 32½ jam sebab pada saat itu kereta api tidak berjalan pada malam hari, dan perbedaan lebar lintasan yang ada memaksa penumpang harus berganti kereta di Jogjakarta dan di Surakarta. Meskipun demikian merupakan peningkatan waktu tempuh jika dibandingkan dengan kereta kuda yang memerlukan waktu dua minggu untuk jarak yang sama.

Semarang-Joana Stoomtram Maatschappij pada tahun 1881 menerima konsesi untuk membangun kereta ringan (*tramway*) antara Semarang dan Juwana. Ini merupakan perusahaan yang pertama yang menerima konsesi dari 15 perusahaan tram yang ada di Jawa. Jalan tram biasanya dibangun untuk pengembangan pertanian khususnya kebun tebu dan pabrik gula, kebun tembakau dan karet serta kehutanan. Jaringan juga berfungsi sebagai jalur penghubung (*feeder*) untuk jalur utama. Jalan tram tersebut dibangun sesuai dengan standar tertentu untuk dapat diubah menjadi jalan kereta api utama (negara), dan beberapa jalur tram kenyatannya telah ditingkatkan ke standar jalur kereta utama.

Sumatera mempunyai jalan kereta api pertama pada tahun 1876 yang menghubungkan Ule Lhee dengan Banda Aceh (kemudian Koetaradja). Jalan kereta api sepanjang 4 km dibangun untuk keperluan militer, dan menggunakan lebar lintasan 1067 mm. Dengan adanya perang Aceh jalur jalan kereta api tersebut diperpanjang bersamaan dengan majunya tentara Belanda.

Jalur kereta api ekonomi pertama yang sangat berarti di Sumatera dibangun pada tahun 1886 oleh *Deli Spoorweg Maatschappij* menghubungkan Labuhan dan Medan. Jalur ini melayani daerah subur Deli, dan kemudian melayani Besitang, Tanjungbalai, Rantau Prapat dan Pematang Siantar. Bagian terakhir dari jalur ke Rantau Prapat selesai dibangun pada tahun 1937.

Lebar lintasan pada jalur Aceh diubah menjadi 750 mm, dan selesai dibangun menghubungkan Besitang, 520 km Tenggara Banda Aceh pada tahun 1917, di mana pertemuannya dibangun oleh *Deli Spoorweg Maatschappij* dari Medan. *Atjeh Staatsstoomtram* dialih-tangankan dari militer kepada SS pada tanggal 1 Januari 1916, namun kemudian, situasi di Aceh tidak benar-benar damai sehingga jalur kereta api tetap dikuasai militer sampai berakhirnya peran Belanda.

Pemerintah Hindia Belanda membangun jalur kereta api di daerah Minangkabau Sumatera Barat antara tahun 1891 sampai dengan 1894 yang menghubungkan Teluk Bayur dan daerah tambang batu bara Sawah Lunto. Jalur sepanjang 158 km ini telah membuka Bukit Barisan, menanjak sampai 773 m, dan memerlukan 43 km jalur

mendaki antara Kayutanam dan Batu Tabal. Jalur mendaki ini merupakan yang jalur mendaki terpanjang di Indonesia. Jalur kereta api ini juga menuju ke Bukittinggi (kemudian bernama Fort de Kock) dan Payakumbuh, dua tempat yang relatif penting bagi daerah tersebut.

Di bagian Selatan Sumatera, pemerintah membangun jalur kereta api dari Panjang (kemudian Oosthaven, pelabuhan fery ke Jawa) ke Kertapati (melintasi sungai Musi dari Palembang), dan menuju ke Lubuklinggau, yang juga melayani tambang batu bara Tanjung Enim. Pembangunannya dimulai tahun 1914 dan selesai tahun 1932.

Satu-satunya jalur jalan kereta api di luar Pulau Jawa, Madura dan Sumatera adalah di Sulawesi Selatan yang dibuka pada tahun 1922. Jalur jalan kereta api ini melayani Ujung Pandang ke Takalar dengan jarak 42 km. Sayangnya jalur ini kemudian ditutup pada tahun 1930 karena kurang ramai.

Secara bertahap pelayanan perkereta-apian meningkat. Tahun 1899, rel ketiga dengan menggunakan standar lebar lintasan dipasang menghubungkan Jogjakarta dan Surakarta, meskipun kereta penumpang baru beroperasi pada tanggal 1 Pebruari 1905.

Pembukaan jalur baru melalui pegunungan Priangan di Jawa Barat tanggal 2 Mei 1906 merupakan babak baru kereta penumpang cepat yang melayan Jakarta dan Surabaya yang ditempuh waktu hanya 23 jam, namun seluruh waktu yang diperlukan masih 2 hari, karena kereta hanya berjalan pada siang hari.

Pada tanggal 31 Desember 1912, undang-undang yang mengizinkan pembangunan jalur Cirebon-Kroya keluar. Sayangnya perang dunia pertama telah menghambat pembangunan. Meskipun demikian dapat menyelesaikan jalur asal lewat Bandung, dan memperpendek 44 km jarak antara Jakarta dan Surabaya. Pada tahun 1918 larangan kereta api untuk berjalan malam hari dicabut. Pencabutan larangan ini mempersingkat waktu tempuh kereta penumpang Jakarta ke Surabaya menjadi hanya 17 jam.

Semarang-Cheribon Stoomtram Maatschappij, membangun jalur tram yang membentang sepanjang pantai utara Jawa Tengah, dengan fungsi yang penting melayani 27 pabrik gula. Mulai tahun 1914, jalur tersebut ditingkatkan ke standar yang lebih tinggi menjadi jalur utama yang memungkinkan dilewati kereta yang lebih cepat dan lebih berat daya angkutnya, dan menjadi partner yang penting bagi SS untuk kereta penumpang Jakarta – Semarang.

Ulang tahun SS ke 15 pada tahun 1925 ditandai dengan pembukaan jalur kereta listrik yang menghubungkan Bogor ke Jakarta dan daerah sekitarnya. Kereta listrik ini menggunakan daya 1500 volts DC.

Perusahaan Jalan Kereta Api dan Tram di Jawa, Madura dan Sumatera

Nama	Lokasi	Periode pembangunan	Panjang di 1939	Catatan
Nederlandsch-Indische Spoorweg Mij	West Java, Eastern Central and East Java	1867-1924	855 km	
Staatsspoor- en Tramwegen in Nederlandsch Indië	Java	1878-1928	2761 km	
	West Sumatra	1891-1921	263 km	
	South Sumatra	1914-1932	661 km	
	Aceh	1876-1917	512 km	
Deli Spoorweg Mij	North Sumatra	1886-1937	554 km	
Javasche Spoorweg Mij	Tegal-Balapulang, Northwest Central Java	1885-1886	(24 km)	To SCS 1895
Bataviasche Ooster Spoorweg Mij	Jakarta-Krawang	1887-1898	(63 km)	To SS 1898
Samarang-Joana Stoomtram Mij	Samarang-Cepu, Northwest Central Java	1882-1923	417 km	
Semarang-Cheribon Stoomtram Mij	Semarang-Cirebon, Northern Central Java	1897-1914	373 km	
Oost-Java Stoomtram Mij	Surabaya area	1889-1924	36 km	
Serajoedal	Maos-	1896-1917	126 km	

Stoomtram Mij	Wonosobo, Serayu River Valley			
Poerwodadi- Goendih Stoomtram Mij	Purwodadi- Gundih, Central Java	1894	(17 km)	To SJS 1892
Pasoeroean Stoomtram Mij	Pasuruan area, East Java	1896-1912	32 km	
Probolinggo Stoomtram Mij	Probolinggo area, East Java	1897-1912	41 km	
Kediri Stoomtram Mij	Kediri-Jombang, East Java	1897-1900	121 km	
Malang Stoomtram Mij	Malang area, East Java	1897-1908	85 km	
Madoera Stoomtram Mij	Bangkalan- Kalianget, Madura	1898-1913	213 km	
Modjokerto Stoomtram Mij	Mojokerto area, East Java	1898-1907	78 km	
Babat-Djombang Stoomtram Mij	Babat-Jombang, East Java	1899-1902	(71 km)	To SS 1916
Solosche Tramweg Mij	Solo-Boyolali, Central Java	1908-1911	(27 km)	To NIS 1914

Pada tanggal 1 Mei 1929, jalur kereta api dengan lebar lintasan standar 1067 mm selesai dibangun antara Jogjakarta dan Surakarta, dan menjadikan waktu perjalanan antara Jakarta dan Surabaya lebih cepat yaitu menjadi 13,5 jam, dan secara bertahap menjadi 11 jam 27 menit pada tahun 1939. Kereta api *Eendaagsche-Expres* pada saat itu telah mempunyai kecepatan rata-rata 71.7 km/jam untuk perjalanan dari Jakarta ke Surabaya.

Belakangan pada tanggal 1 Nopember 1936, kereta express yang lain diperkenalkan yaitu *Nacht-Expres* (Kereta cepat malam). Lebih lambat kecepatannya (berjalan antara pukul 21.00 malam dan pukul 05.00 pagi, dan kecepatannya dibatasi 60 km/jam) daripada kereta siang tetapi lebih nyaman, penumpang tidak merasa kepanasan.

Gambar 1.1 adalah contoh tiket kereta api cepat malam pada saat itu, dan Gambar 1.2 peta jalan kereta api tahun 1930 di Jawa Barat.



Gambar 1.1: Tiket kereta api malam De JAVA NACHT EXPRES

Kesulitan yang sangat besar datang pada tahun 1929, yaitu adanya kesulitan ekonomi yang menyebabkan tertundanya beberapa projek, seperti jalan kereta api yang menghubungkan bagian Selatan dan Barat Sumatra jalur SS ke jalur DSM, jalur di Barat Kalimantan dari Pontianak ke Ketapang, dan yang lainnya di bagian Selatan Kalimantan, dan jalur di Sulawesi Utara. Sejumlah jalur yang tidak menguntungkan ditutup, termasuk jalur Tulungagung – Tugu dan Jatibarang-Karangampel (keduanya ditutup pada tahun 1932), jalur Warungdowo – Purwosari dan Warungdowo –Ngempit (1933), jalur Tanah-merah – Kebanyar (1936) dan Pamekasan – Kalianget di Pulau Madura (1937).

Rencana untuk memperbaiki lokomotif dan jalan kereta api juga terpengaruh. Pada tahun 1931, hanya SS yang membeli lokomotif baru, yang menjadi pesanan terakhir bagi perkereta-apian Indonesia sampai akhir perang dunia kedua. SS menghadapi persaingan dari bus dan pesawat udara, tetapi memungkinkan untuk membeli lokomotif baru, memperbaiki banyak lokomotif



Gambar 1.2: Peta jalan kereta api di Jawa Barat tahun 1930

Umumnya di perusahaan SS di dekade tahun 1930, kecepatan kereta penumpang dan frekuensi perjalanannya meningkat. Sebagai contoh, kereta cepat Jakarta – Bandung hanya berjumlah dua di tahun 1934, dan memakan waktu 3 jam 40 menit. Pada tanggal 1 Nopember 1934, frekuensi perjalanan menjadi dua kalinya dan waktu tempuh menjadi 2 jam 45 menit, terakhir berkurang lagi menjadi 2 jam 30 menit. Kereta api jalur tersebut dikenal dengan sebutan *Vlugge Vier* (the Four Fast Trains)

Tidak hanya pada perusahaan SS di Jawa, tetapi juga di Sumatera Selatan ada batas penambahan kecepatan, yang memungkinkan kecepatan maksimum 75 km/jam di jalur utama Sumatera Selatan (tahun 1940), dan juga 50 km/jam pada beberapa jalur di Sumatera Barat. Juga pada periode yang sama perusahaan SCS meningkatkan kecepatan keretanya menjadi maksimum 75 km/jam, yang menjadikan kereta tercepat yang menghubungkan Jakarta dan Semarang.

Perang dunia kedua pecah sekitar tahun 1939, sekali lagi mempengaruhi perkereta-apian di Indonesia. Rencana NIS untuk mendapatkan beberapa kereta listrik diesel dari *Beijnes* dan lokomotif berkecepatan tinggi dengan track standar dari *Werkspoor* ditunda

karena Belanda diduduki Jerman. Untuk tujuan strategis, jalur standar NIS dari Solo ke Gundih digabungkan dengan jalur ketiga yang memungkinkan kereta api dengan lebar lintasan sempit dapat melayani perjalanan Semarang ke Solo lewat Gambringan.

Jadwal Vlugge Vier (1934)

Tandjong Priok			09.26				
Batavia-Weltevreden		06.45	10.02		13.32		16.00
Bandoeng		09.36	12.50		16.20		18.54
Bandoeng	06.00			10.05		13.35	16.03
Batavia-Weltevreden	08.45			12.51		16.20	18.54
Tandjong Priok	09.12						

Bandingkan dengan jadwal KA Jakarta – Bandung saat ini

Tahun 1942 Jepang menyerbu Hindia Belanda dan mendudukinya hanya dalam waktu dua minggu. Pendudukan Jepang ini menyebabkan disatukannya semua perusahaan kereta api di Jawa di bawah kekuasaan militer Jepang dan bernama *Rikuyu Kyoku*. Sistem perkereta-apian kemudian dikendalikan oleh administrasi sipil Jepang, tetapi kemudian diambil alih oleh militer lagi di akhir perang. Sama seperti di Jawa, jalur Sumatera juga dikendalikan oleh pendudukan militer Jepang yang secara geografis dipisahkan kedalam tiga system: *Kita Sumatera Tetsudo* (Sumatera Utara termasuk Aceh), *Seibu Sumatera Tetsudo* (Sumatera Barat), dan *Nanbu Simatera Tetsudo* (Sumatera Selatan).

Di bawah pendudukan Jepang, jalur-jalur lanjutan ditarik termasuk semua jalur dengan lebar lintasan standar, kemudian dilakukan standarisasi lebar lintasan menjadi 1067 mm. Pada bulan Maret 1943 jalur dengan lebar lintasan standar paling akhir diubah sehingga hanya menyisakan hanya satu jalur berlintasan kecil yaitu di pelabuhan Semarang. Beberapa jalur tram yang kurang penting dihapus. Sejumlah rel dikirim ke daerah pendudukan Jepang yang lain seperti ke Manchuria, Burma, Malaya, Siam dan Indochina. Meskipun tidak satupun lokomotif dengan lintasan standar yang dipindahkan ketempat lain (beberapa dapat diperbaiki di Jogjakarta pada dekade tahun 1970), hampir sekitar 40 lokomotif dengan standar lintasan 1067 mm dikirim keluar negeri. Dari jumlah tersebut, beberapa adalah bekas lokomotif NIS dengan seri 381-400

(diperbarui dengan seri C52 class) yang kemudian dikembalikan lagi tetapi kemudian dihapuskan karena telah diubah menjadi berlintasan kecil.

Selama pendudukan Jepang beberapa kecelakaan kereta api yang buruk terjadi di Indonesia. Pada hari Natal tahun 1944, 200 orang tewas dan 250 luka-luka saat rem kereta api blong dan masuk kejurang Anai di Sumatera barat.

Banyak tahanan perang dan pekerja paksa lokal (umum diketahui sebagai *Romushas*) dipaksa untuk membangun jalur kereta api baru di daerah-daerah pendudukan Jepang. Di Indonesia di jalur Saketi-Bayah (di Banten, Jawa Barat) dan Muaro-Pakanbaru (di Sumatera). Lajur terakhir selesai saat Jepang hampir menyerah, dan kemudian tidak pernah dipergunakan. Banyak lokomotif di antaranya telah tua dan rusak karena kurang pemeliharaan dan kurangnya suku cadang. Kebanyakan romushas dan pekerja jalan kereta api yang dikirim keluar negeri untuk membantu pembuatan jalan kereta di Siam dan Burma, tidak pernah kembali.

Indonesia memproklamkan kemerdekaannya pada tanggal 17 Agustus tahun 1945, dan pada tanggal 28 September 1945, pengelola perkereta-apian Jepang dipaksa menyerahkan kepada para pejuang Indonesia dan tanggal itu dinyatakan sebagai *Hari Kereta Api*. Perkereta-apian di Jawa dikelola oleh Djawatan Kereta Api Repoeblik Indonesia, dan yang di Sumatera Selatan dan Barat oleh *Kereta Api Soematera Negara Repoeblik Indonesia*. Di Sumatera Utara dikelola oleh *Kereta Api Soematera Oetara Negara Repoeblik Indonesia*. Pada saat Belanda kembali masuk ke Indonesia, mereka mendirikan *Staataapoorwegen/ Verenigd Spoorwegbedrijf* (SS/VS) sebagai pengelola sementara mulai tanggal 1 Januari 1946. SS/VS mengelola semua jalur kereta api umum di Jawa kecuali jalur tram di Jakarta dan jalur di Sumatera Selatan dan Barat.

Banyak peperangan antara pejuang Indonesia melawan tentara Belanda terjadi di sekitar jalan kereta api, dan pada kenyataannya, jalan kereta api sering menjadi garis demarkasi antara Belanda dan Republik Indonesia. Para pekerja kereta api banyak membuat aksi

yang heroik. Pada tanggal 3 Pebruari 1946, kereta khusus termasuk dua gerbong inspeksi mengevakuasi Presiden Sukarno, Wakil Presiden Mohammad Hatta dan rombongan dari Jakarta, yang menjadi tidak aman, ke Jogjakarta. Kereta api juga dipergunakan untuk menyelundupkan senjata api dan transportasi para pejuang. Di lain pihak, Belanda juga menggunakan kereta api untuk mengangkut tahanan perang dalam kondisi yang mengerikan, dan kadang-kadang berakibat fatal, seperti insiden tanggal 23 Nopember 1947 di mana 46 dari 100 tahanan meninggal karena mereka dijejalkan pada tiga gerbong tertutup dan diangkut tanpa makanan dan minuman untuk 13 jam.

Sementara perjuangan terus berkecamuk, pelayanan kereta api berlanjut. Jalur-jalur yang menghubungkan kota-kota Republik seperti Cisarupan, pusat DKARI, Jogjakarta ibukota Republik, Malang dan lainnya. Beberapa jalur yang dihilangkan oleh Jepang dibangun kembali, antara lain jalur antara Kutoarjo dan Purworejo. Perusahaan SS/VS juga melakukan hal yang sama, menjalankan kereta di daerah yang dikuasai Belanda.

Saat perang kemerdekaan berlangsung banyak jalur kereta api dikuasai oleh Belanda. Perusahaan SS/VS bekerja sama dengan DKARI mengoperasikan jalur Jakarta – Tangerang dan beberapa jalur lainnya, tetapi secara umum ada suasana perang. Sabotase pada jalur VS hampir setiap hari terjadi.

Setelah Indonesia merdeka penuh pada tahun 1950, perkeretaapian dalam keadaan yang mengerikan. Sepuluh tahun diabaikan dan perang telah menyebabkan kerusakan atau kerusakan pada stock rel, lintasan dan struktur jalan kereta api yang lainnya. Jalan kereta api dibangun kembali, 100 lokomotif uap serba guna dipesan, lintasan yang dibongkar selama masa susah dipaang kembali, struktur baru dibangun menggantikan yang rusak, yang dibakar atau yang dipindahkan pada saat perang, dan rel baru dipesan.

Lokomotif klas D52 yang dipesan oleh SS/VS, direalisasi pengirimannya kepada Perusahaan Kereta Api Indonesia DKA. Perlu dicatat bahwa perusahaan-perusahaan kereta api dan tram sebelumnya

menahan dokumen-dokumen mereka sampai sekitar dekade tahun 1970. DKA memiliki asset dari SS, tetapi harus membayar untuk asset jalan kereta api pribadi.

Hari-hari awal kemerdekaan bukannya tanpa persoalan. Pemberontakan muncul di beberapa daerah dan jalan kereta api tidak luput menjadi sasaran. Sebagai contoh pemberontakan DI/TII di Jawa Barat kadang-kadang menyerang kereta tambang atau melepas paku-paku pengikat rel yang menyebabkan rel lepas yang kadang-kadang dengan kehilangan nyawa, seperti yang terjadi pada kereta no. 8306 yang diserang dan dibakar di setasiun Cangkring dekat Cirebon pada 23 Agustus 1951. Kereta api yang melewati daerah yang dikuasai pemberontak dikendalikan oleh gerbong berlapis baja yang mendorong rangkaian kereta itu sendiri dan beberapa gerbong terbuka bermuatan rel, untuk meledakkan tambang-tambang yang ada sehingga tambang tidak akan merusak kereta. Gerbong lapis baja adalah peninggalan masa perang kemerdekaan, dibuat oleh Belanda untuk tujuan yang sama.

Tahun 1950 dan 1960an adalah tahun-tahun perjuangan dalam sejarah perkereta-apian Indonesia. Perusahaan kereta api memerlukan subsidi untuk kelangsungan operasinya, untuk menutup kerugian banyak trayek tidak mendatangkan keuntungan, mendapatkan suku cadang yang cukup untuk lokomotif adalah masalah yang besar dan kondisi lintasan sangat menyedihkan.

Akan tetapi tahun-tahun tersebut tidaklah secara total sia-sia. Diseliasi (mengganti lokomotif uap dengan lokomotif berbahan bakar minyak diesel atau solar) dimulai pada tahun 1953, dalam bentuk datangnya lokomotif 27 Co-2-Co dari Amerika Serikat, dan antara tahun 1957 – 1967 sekitar 250 lokomotif diesel dipergunakan untuk melayani kereta api penumpang jarak jauh di jalur utama. Kereta penumpang baru juga diperkenalkan pada periode yang sama meskipun terbatas untuk jalur utama, dan peralatan yang telah tua kembali dipakai untuk kereta yang lain. Gerbong baru yang dilengkapi dengan “vacuum brake” juga didapatkan untuk kereta api malam-cepat antara Jakarta dan Surabaya.

Pada tahun 1963, semua kereta api umum di Indonesia disatukan dibawah pengelola baru yaitu Perusahaan Negara Kereta Api (PNKA). Sebelumnya, sistim perkereta-apian Deli di Sumatera Utara telah dikelola secara terpisah setelah nasionalisasi pada tahun 1958. Selanjutnya perubahan administrasi perkereta-apian terjadi pada tahun 1973 saat PNKA diganti menjadi PJKA (Perusahaan Jawatan Kereta Api).



Gambar 1.3: Rangkaian kereta api di Jawa Barat tahun 1951

Tahun-tahun perjuangan pelayanan kereta api umumnya terlihat lebih buruk. Kekacauan politik di Indonesia di pertengahan dekade tahun 1960an telah mengakibatkan masalah yang sangat serius karena banyak pekerja dan karyawan perkereta-apian tergabung dalam serikat buruh komunis, dan terkena pembersihan setelah coup yang gagal.

Di awal dekade tahun 1970an, suatu usaha untuk meningkatkan dan mengembalikan kecepatan kereta api Jakarta – Bandung yang prestisius menjadi 2 jam 30 menit dari semula 3 jam, seperti yang pernah ada pada tahun 1930an, berhasil. Akan tetapi pemeliharaan lintasan yang mahal menyebabkan kecepatan berkurang kembali.

Di dekade tahun 1970an lintasan bekas jalur tram juga mulai ditinggalkan, karena menurut sudut pandang ekonomi dipandang tidak menguntungkan, dan kurangnya penumpang yang mau membayar. Yang masuk menjadi korban dihapusnya lintasan tram adalah termasuk yang ada di seluruh sistim Aceh dan Madura, dan yang kebanyakan berada di Jawa. Jalur Purwosari – Wonogiri (ex-NIS) adalah satu-satunya lintasan tram yang akhir-akhir ini masih dioperasikan (berjalan di pusat kota sepanjang jalan utama), semua jalur tram yang lain telah dihapus. Karena lintasannya telah dihapus, lokomotif uap yang melayaninya juga diistirahatkan, dan proses penghapusannya selesai pada tahun 1980an.

Di awal tahun 1970an banyak lokomotif uap yang telah dalam keadaan tidak dipakai lagi. Gubernur Propinsi Jawa Tengah pada saat itu, Supardjo Roestam, mengembangkan museum lokomotif di Ambarawa di area stasiun. Lebih lanjut semua lokomotif uap diistirahatkan dan banyak lokomotif uap yang lainnya disimpan di museum kereta api di Jakarta. Lebih dari enam puluh lokomotif uap masih dipelihara sekarang ini.

Diselisasi dan ditinggalkannya banyak lintasan yang tidak menguntungkan telah meningkatkan posisi penghasilan PJKA, tetapi masih tetap harus disubsidi oleh pemerintah.

Pada tahun 1991 PJKA diubah menjadi Perumka (Perusahaan Umum Kereta Api). Perubahan dari perusahaan jawatan ke perusahaan umum tersebut tidak melulu hanya merubah nama, akan tetapi dimaksudkan agar Perumka akan mulai mencari biaya sendiri untuk mengelola kereta api dengan sistim subsidi silang: meluncurkan kereta api baru yang lebih cepat waktu tempuhnya dan nyaman dengan harga tiket yang tinggi untuk mensubsidi kereta kelas ekonomi yang harga tiketnya hanya 70% dari biaya operasi.

Manajemen baru yang dipimpin oleh Soemino Ekosapoetro telah berhasil melakukannya, dan pada tahun 1994 Perumka memperoleh keuntungan sekitar 3.8 milyar rupiah (8 juta USD), keuntungan pertama pasca kemerdekaan Indonesia yang dibuat oleh

perusahaan kereta api. Di tahun 1997 keuntungan Perumka meningkat menjadi 23.2 miliar rupiah.

Pada tanggal 10 Agustus 1995, setelah beberapa tahun melakukan peningkatan kualitas lintasan yang memungkinkan kereta berjalan dengan kecepatan yang lebih tinggi, maka bertepatan dengan ulang tahun kemerdekaan Indonesia, Perumka meluncurkan kereta Argo yang pertama. Kereta Argo tersebut tidak hanya membawa keuntungan yang besar, tetapi juga membuat image (kesan) baru yang dapat menghapus kesan lama bahwa kereta api adalah sarana angkutan umum yang kotor, lambat, tidak nyaman, tidak sesuai untuk masyarakat kelas menengah.

Di Jawa kereta penumpang lebih penting daripada kereta barang. Akan tetapi di Sumatera Selatan, perusahaan tambang Bukit Asam di Tanjung Enim adalah konsumen yang sangat penting bagi Perumka untuk mengangkut batu bara ke pelabuhan Tarahan. Di Sumatera Barat, tambang batu bara Ombilin juga menggunakan jasa kereta api untuk mengangkut batu baranya ke pabrik semen Indarung di Padang

Krisis ekonomi yang menimpa Indonesia pada tahun 1997, yang dapat disejajarkan dengan krisis tahun 1939 telah menyebabkan baik kesulitan maupun kesempatan. Jatuhnya nilai rupiah terhadap mata uang Dollar telah mengurangi pemesanan lokomotif baru, mengurangi keuntungan dan naiknya biaya pemeliharaan. Jumlah penumpang kereta cepat berkurang lagi meskipun jumlahnya tidak begitu berarti.

Kesempatan datang dalam bentuk bertambahnya kebutuhan untuk penumpang kereta api yaitu tiket pesawat terbang dihitung dalam mata uang Dollar sehingga menjadi mahal, dan konsumen, khususnya kelas menengah yang selalu menggunakan pesawat untuk bepergian mulai menoleh ke kereta api sebagai alternatif transportasinya. Perumka merespon dengan meluncurkan kereta penumpang khusus kelas eksekutif atau kelas eksekutif dengan kelas bisnis seperti Argo Dwipangga, Mahesa dan Sancaka.



Gambar 1.4: Lokomotif diesel modern yang dipakai saat ini.

Pada 1 Juni 1990 dilakukan lagi perubahan Manajemen Perumka ketika nama perusahaan diganti dengan PT (Persero) Kereta Api Indonesia (PT. KAI). Akan tetapi tahun-tahun belakangan ini perkereta-apian Indonesia menghadapi suatu tantangan yang keras. Berlanjutnya krisis ekonomi telah berakibat pada tertundanya beberapa pekerjaan pemeliharaan seperti rolling stock dan pekerjaan lintasan, dan banyak kereta api beroperasi dalam kondisi yang serba kurang atau bahkan tidak dapat beroperasi sama sekali.

Tahun-tahun terakhir ini perkereta-apian Indonesia telah maju dengan banyaknya kereta-kereta api argo yang dioperasikan sehingga waktu tempuh dari Jakarta ke Surabaya dan sebaliknya menjadi lebih cepat dan kereta juga nyaman. Di wilayah Jabodetabek pengoperasian kereta-kereta comuter seperti KRL juga semakin diperbaiki sistem pelayanannya.

Itulah sekilas sejarah perkereta-apian di Indonesia. Kesimpulannya adalah bahwa kereta api adalah moda transportasi yang telah berusia lama di Indonesia. Moda transportasi yang dapat mengangkut penumpang dalam jumlah yang besar dalam satu kali perjalannya sehingga sangat ekonomis. Oleh karena itu perlu dijaga

kelangsungannya di Indonesia bahkan harus ditingkatkan kualitas dan perannya untuk memperlancar transportasi orang dan barang.

1.2. KETENTUAN UMUM PERENCANAAN JALAN REL

1.2.1. UMUM

Lintas kereta api direncanakan untuk melewati berbagai jumlah angkutan barang dan atau penumpang dalam suatu jangka waktu tertentu.

Perencanaan konstruksi jalan rel harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis.

Secara teknis diartikan konstruksi jalan rel tersebut harus dapat dilalui oleh kendaraan rel dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya.

Secara ekonomis diharapkan agar pembangunan dan pemeliharaan konstruksi tersebut dapat diselenggarakan dengan biaya yang sekecil mungkin dimana masih memungkinkan terjaminnya keamanan dan tingkat kenyamanan.

Perencanaan konstruksi jalan rel dipengaruhi oleh jumlah beban, kecepatan maksimum, beban gandar dan pola operasi. Atas dasar ini diadakan klasifikasi jalan rel, sehingga perencanaan dapat dibuat secara tepat guna.

1.2.2. KECEPATAN DAN BEBAN GANDAR KERETA API

1) Kecepatan.

i) Kecepatan Rencana.

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel.

a) Untuk perencanaan struktur jalan rel.

$$V_{\text{rencana}} = 1,25 \times V_{\text{maks.}}$$

b) Untuk perencanaan peninggian

$$V_{\text{rencana}} = c \times \frac{\sum N_i \cdot V_i}{\sum N_i}$$

$$c = 1,25$$

N_i = Jumlah kereta api yang lewat

V_i = Kecepatan operasi kereta api

c) Untuk perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan lengkung peralihan:

$$V_{\text{rencana}} = V_{\text{maksimum}}$$

ii) Kecepatan Maksimum

Kecepatan maksimum adalah kecepatan tertinggi yang diijinkan untuk operasi suatu rangkaian kereta pada lintas tertentu

iii) Kecepatan Operasi

Kecepatan operasi adalah kecepatan tertinggi yang diijinkan untuk operasi suatu rangkaian kereta api pada lintas tertentu

iv) Kecepatan Komersial

Kecepatan komersial adalah kecepatan rata-rata kereta api sebagai hasil pembagian jarak tempuh dengan waktu tempuh.

2) **Beban Gandar**

Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Untuk semua kelas, beban gandar maksimum adalah 18 ton.

1.2.3. PERATURAN-PERATURAN DINAS KERETA API YANG DIPERGUNAKAN DALAM MERENCANA JALAN REL KERETA API

- 1) Peraturan Dinas No. 10 A yaitu Peraturan Perawatan Jala Rel Indonesia (PPJRI).
- 2) Peraturan Dinas No.10 B, yaitu Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Rel Indonesia (PPPJRI).
- 3) Peraturan Dinas No.10 C, yaitu Peraturan Bahan Jalan Rel Indonesia (PBJRI).

1.2.4. STANDAR REL INDONESIA

1) **Klasifikasi**

Daya angkut lintas, kecepatan maksimum, beban gandar dan ketentuan-ketentuan lain untuk setiap kelas jalan, tercantum pada Tabel 1.1.

2) **Daya angkut lintas**

Daya angkut lintas adalah jumlah angkutan anggapan yang melewati suatu lintas dalam jangka waktu satu tahun. Daya angkut lintas mencerminkan jenis serta jumlah beban total dan kecepatan kereta api yang lewat di lintas yang bersangkutan.

Daya angkut disebut daya angkut T dengan satuan ton/ tahun.

Tabel 1.1. Kelas Jalan Rel [9]

Klasifikasi Jalan KA	Pasing Ton Tahuman (Juta Ton)	Perencanaan Kecepatan KA Maksimum V_{max} (km/jam)	Tekanan Gandar P max (ton)	Tipe Rel	Tipe dari Bantalan Jarak Bantalan (mm)	Tipe Alat Penam bat	Tebal balas dibawah Bantalan (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
1	> 20	120	18	R60 / R54	<u>Beton</u> 600	EG	30	50
2	10 – 20	110	18	R54 / R50	<u>Beton/Kayu</u> 600	EG	30	50
3	5 – 10	100	18	R54/ R50/ R42	<u>Beton/Kayu/Baja</u> 600	EG	30	40
4	2,5 – 5	90	18	R54/ R50/ R42	<u>Beton/Kayu/Baja</u> 600	EG/ET	25	40
4	< 2,5	80	18	R42	<u>Kayu/Baja</u> 600	ET	25	35

Keterangan: ET = Elastik Tunggal ; EG = Elastik Ganda

1.2.5. RUANG BEBAS DAN RUANG BANGUN

Ruang bebas adalah ruang diatas sepur yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang; ruang ini disediakan untuk lalu lintas rangkaian kereta api.

Ukuran ruang bebas untuk jalur tunggal dan jalur ganda, baik pada bagian lintas yang lurus maupun yang melengkung, untuk lintas elektrifikasi dan non elektrifikasi, adalah seperti yang tertera pada Gambar 1.5, Gambar 1.6, Gambar 1.7 dan Gambar 1.8.

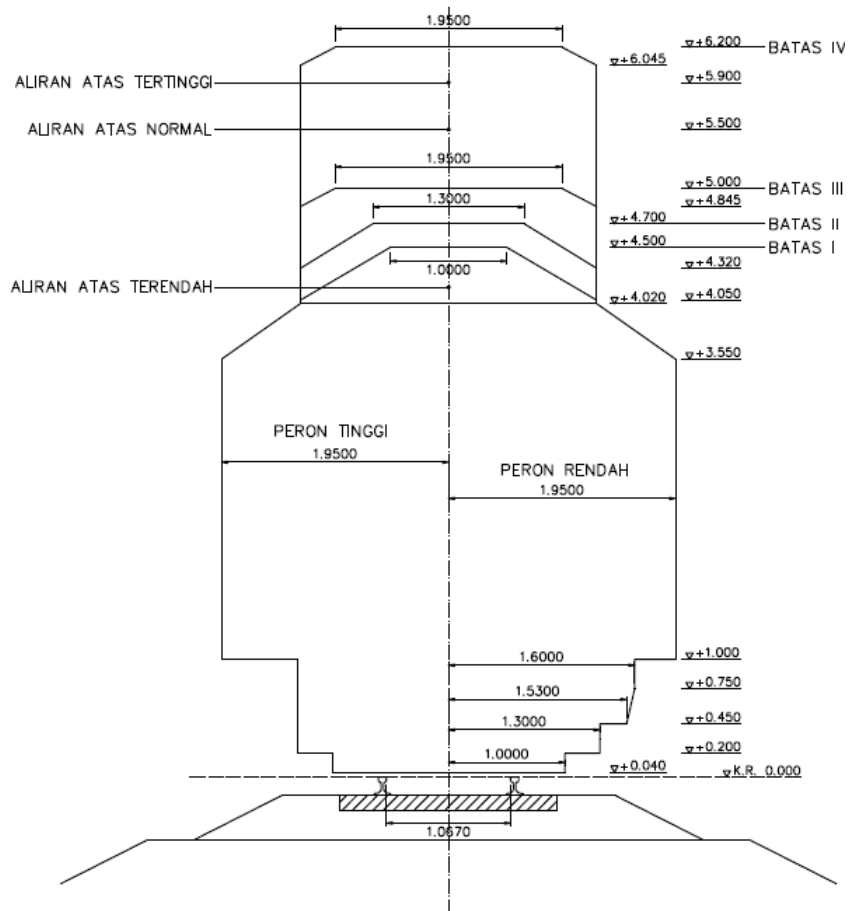
Ukuran-ukuran tersebut telah memperhatikan dipergunakannya gerbong kontener/ peti kemas ISO (Iso Container Size) tipe “Standard Height”.

Ruang bangun adalah ruang disisi sepur yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap seperti antara lain tiang semboyan, tiang listrik dan pagar.

Batas ruang bangun diukur dari sumbu sepur pada tinggi 1 meter sampai 3,55 meter.

Jarak ruang bangun tersebut ditetapkan sebagai berikut:

- Pada lintas bebas : 2,35 sampai 2,53 m di kiri kanan sumbu sepur.
- Pada emplasemen : 1,95 m sampai 2,35 di kiri kanan sumbu sepur
- Pada jembatan : 2,15 m di kiri kanan sumbu sepur.



Gambar 1.5. Ruang bebas pada jalan rel lurus [9]

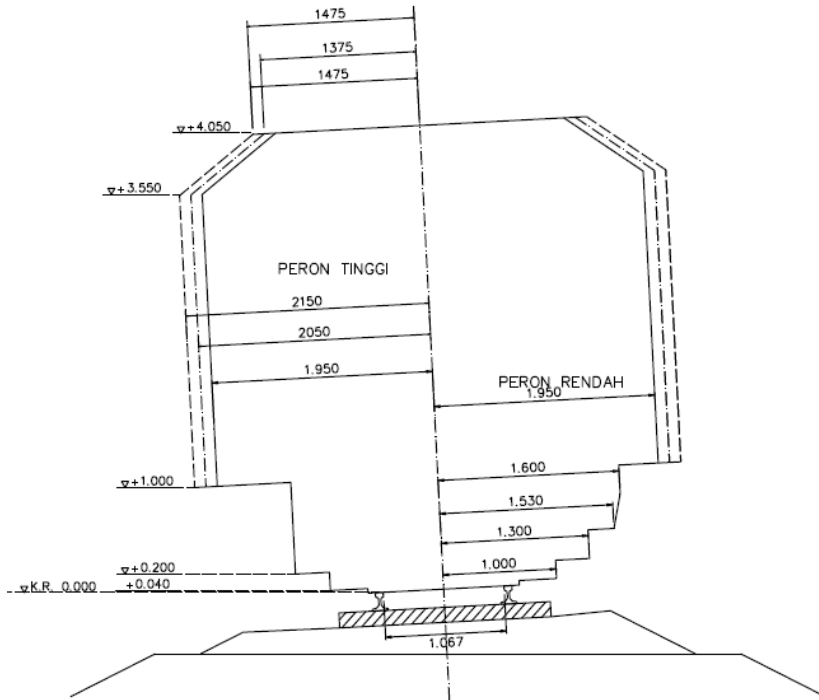
Keterangan gambar 1.5:

Batas I = Untuk jembatan dengan kecepatan sampai 60 km/jam

Batas II = Untuk „Viaduk“ dan terowongan dengan kecepatan sampai 60km/jam dan untuk jembatan tanpa pembatasan kecepatan.

Batas III = Untuk „viaduk“ baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan

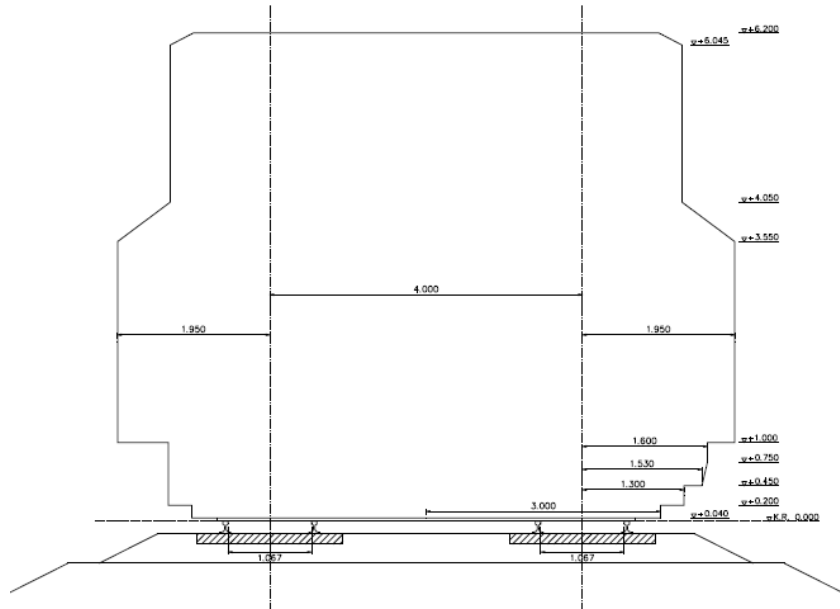
Batas IV = Untuk lintas kereta listrik



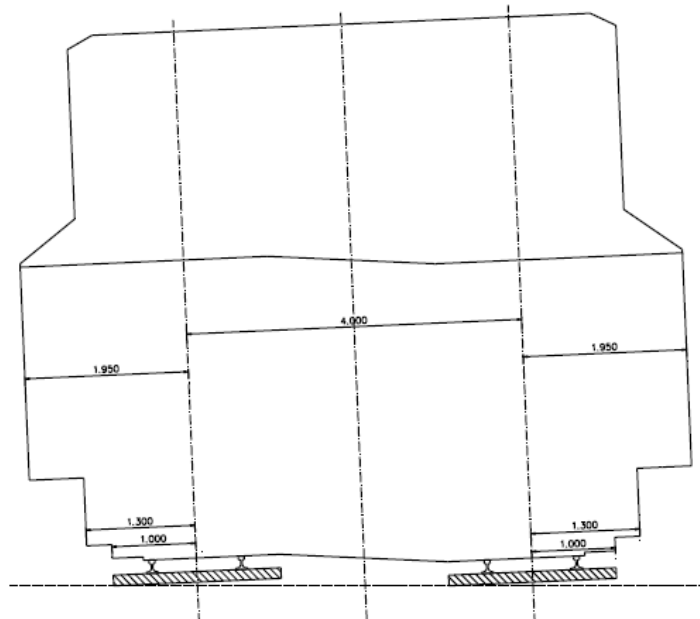
Keterangan:

- Batas ruang bebas pada lintas lurus dan pada bagian lengkungan dengan jari-jari > 3000 m.
- - - - - Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari-jari 300 sampai dengan 3000 m.
- · - · - · - Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari-jari < 300 m.

Gambar. 1.6 Ruang bebas pada jalan rel di tikungan [9]



Gambar. 1.7. Ruang bebas pada jalan rel lurus untuk jalan ganda [9]



Gambar. 1.8 Ruang bebas jalan rel di tikungan pada jalan ganda [9]

1.2.6. PERLINTASAN SEBIDANG

Pada perlintasan sebidang antara jalan rel dan jalan raya harus tersedia jarak pandangan yang memadai bagi kedua belah pihak, terutama bagi pengendara kendaraan.

Daerah pandangan pada perlintasan merupakan daerah pandangan segitiga di mana jarak-jaraknya ditentukan berdasarkan pada kecepatan rencana kedua belah pihak.

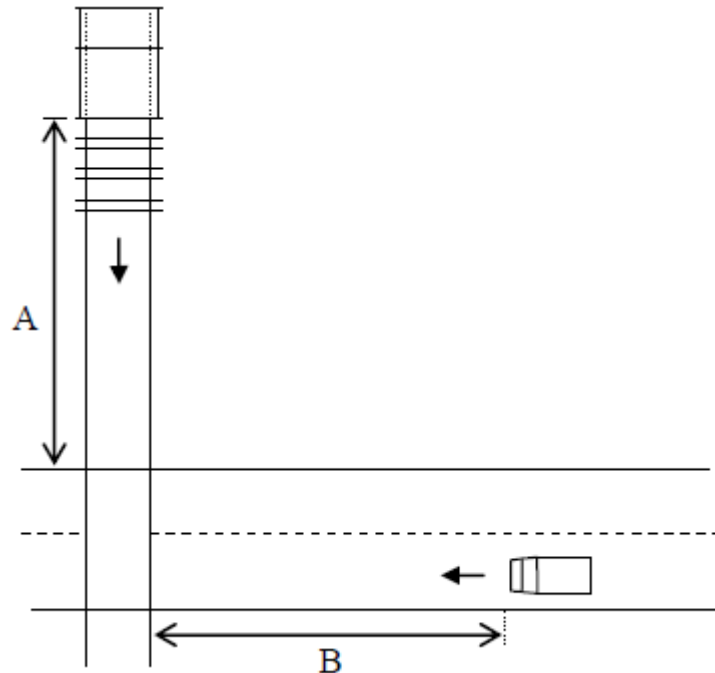
Jarak-jarak minimum untuk berbagai kombinasi kecepatan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 1.2, dan dijelaskan dalam Gambar 1.9.

Tabel 1.2. Panjang minimum jarak pandangan untuk kombinasi kecepatan [9]

Kecepatan KA (km/jam)	Kecepatan kendaraan di jalan raya (km/jam)						
	Mulai bergerak	Sedangbergerak					
		0	20	40	60	80	100
	Panjang pada pihak jalan rel (meter) (A)						
40	185	97	75	78	85	94	105
60	273	145	112	116	127	141	158
80	363	193	150	155	170	188	210
90	409	217	168	174	191	212	237
100	454	241	187	194	212	235	263
110	500	266	206	213	233	259	289
120	545	290	224	233	255	282	316
	Panjang pada pihak jalan rel (meter) (B)						
		28	57	102	162	233	322

Daerah pandangan segitiga harus bebas dari benda-benda penghalang setinggi 1,00 meter ke atas.

Sudut perpotongan perlintasan sebidang diusahakan sebesar 90° dan bila tidak memungkinkan sudut perpotongan harus lebih besar dari pada 30°. Kalau akan membuat perlintasan baru, jarak antara perlintasan baru dengan yang sudah ada tidak boleh kurang dari 800 meter.



Gambar 1.9. Perlintasan sebidang jalan rel dengan jalan raya [9]

1.2.7. KONSTRUKSI PERLINTASAN SEBIDANG

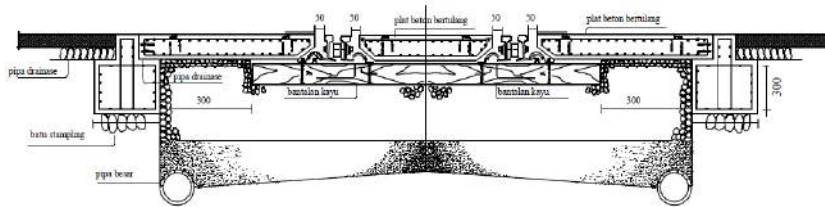
Lebar perlintasan sebidang bagi jalan raya dalam keadaan pintu terbuka atau tanpa pintu, harus sama dengan lebar perkerasan jalan raya yang bersangkutan.

Perlintasan sebidang yang dijaga dilengkapi dengan rel-rel lawan untuk menjamin tetap adanya alur untuk flens roda kecuali untuk konstruksi lain yang tidak memerlukan rel lawan.

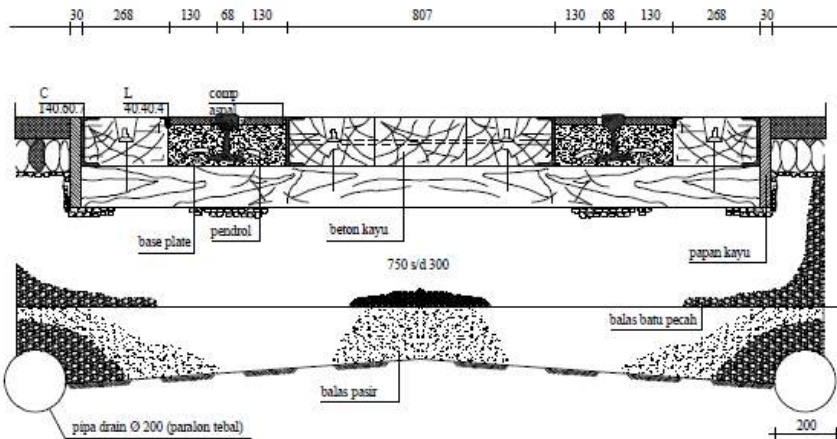
Lebar alur adalah sebesar 40 mm dan harus selalu bersih benda-benda penghalang.

Panjang rel lawan adalah sampai 0,8 meter di luar lebar perlintasan dan dibengkokkan ke dalam agar tidak terjadi tumbukan dengan roda dari rangkaian. Sambungan rel di dalam perlintasan harus dihindari. Konstruksi perlintasan sebidang dapat dibuat dari

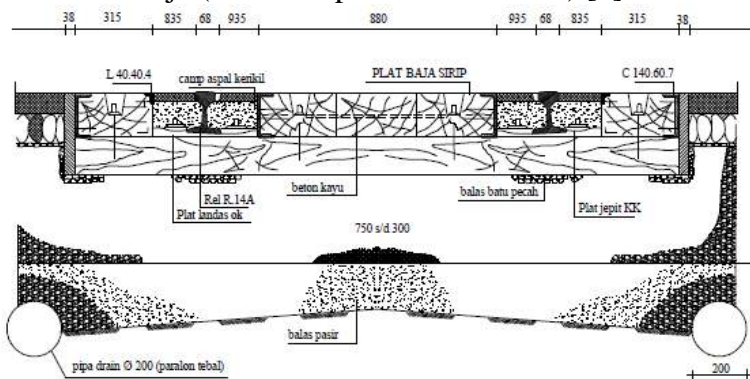
bahan beton semen, aspal dan kayu seperti ditunjukkan dalam Gambar-Gambar 1.10 sampai dengan Gambar 1.14.



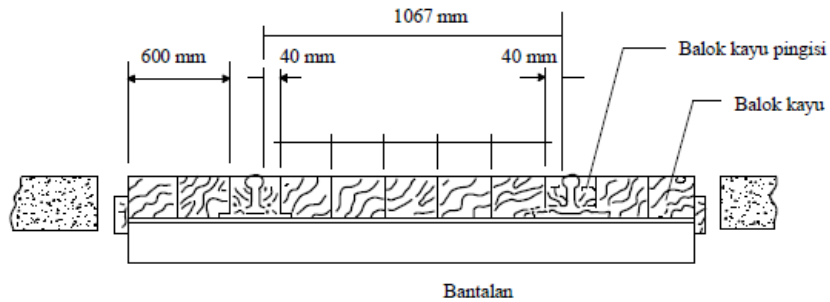
Gambar 1.10. Potongan melintang perlintasan sebidang menggunakan plat beton [9]



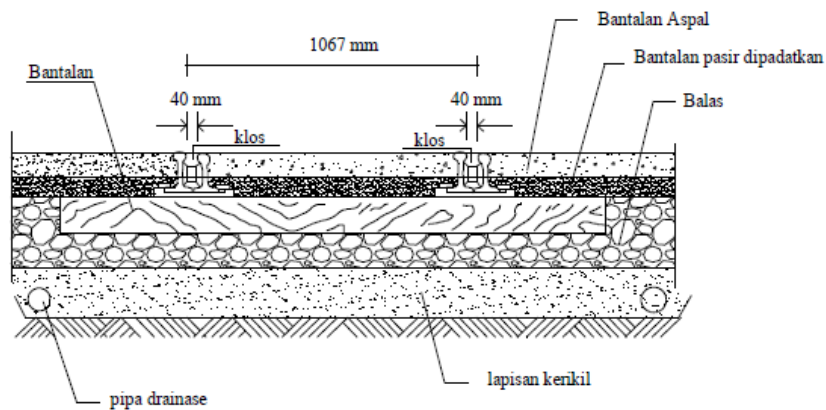
Gambar 1.11. Potongan melintang perlintasan sebidang dengan plat baja (memakai penambat Pandrol) [9]



Gambar 1.12. Potongan melintang perlintasan sebidang dengan plat baja (memakai penambat Kaku) [9]



Gambar 1.13. Potongan melintang perlintasan sebidang dengan menggunakan balok kayu [9]



Gambar 1.14. Potongan melintang perlintasan sebidang dengan Perkerasan aspal [9]

1.2.8. PERATURAN LAIN-LAIN

- 1) Peraturan-peraturan tersebut di atas disebut Peraturan Konstruksi Jalan Rel di Indonesia, disingkat PKJRI.
- 2) Dalam membuat perencanaan, selain memperhatikan segi-segi teknis, keamanan dan biaya, juga harus mempertimbangkan masalah lingkungan.
- 3) Peraturan ini berlaku untuk perencanaan jalan rel di Indonesia, baik untuk perencanaan jalan baru maupun perencanaan penyesuaian jalan rel lama.

- 4) Selain ketentuan-ketentuan yang tercantum dalam peraturan ini, untuk hal-hal khusus, juga harus mengikuti ketentuan-ketentuan lain yang bertalian dengan hal itu.
 - i) Peraturan Beton Indonesia (PBI)
 - ii) Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI).
 - iii) Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI).
 - iv) Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBBI).
 - v) Peraturan Bangunan Nasional (PBN).

DAFTAR PUSTAKA

1. A.A Durrant, PNKA Power Parade.
1. A.E. Durrant, Lokomotip Uap.
2. H. de Jong, De Locomotieven van Werkspoor.
3. Jan de Bruin, Het Indische spoor in oorlogstijd: de spoor en tramwegmaatschappijen in Nederlands-Indie in de vuurlinie, 1873 – 1949.
4. J.J.G. Oegema, De Stoomtractie op Java en Sumatra.
5. Krijthe, Ir. De ‘Bergkoningin’ en de spoorwegen in Nederlands-Indie 1862 – 1949.
6. Michiel van Ballegoijen de Jong, Spoorwegstations op Java.
7. Peraturan Dinas No. 10A Kereta Api Indonesia tentang Peraturan Perawatan Jalan Rel Indonesia (PPJRI).
8. Peraturan Dinas No, 10B Kereta Api Indonesia tentang Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Rel Indonesia (PPPJRI)
9. Peraturan Dinas No. 10C Kereta Api Indonesia tentang Peraturan Bahan Jalan Rel Indonesia (PBJRI)
10. Sejarah Perkeretaapian Indonesia, Volume 1 and 2

DAFTAR PUSTAKA

1. Waters J.M.: (1984). 'The FROG track measuring system', International Railway Journal, December 1984.
2. Lamson S.T.:(1984) 'A-symmetrical grinding challenges heavy-haul punishment', Railway Track and Structures, February 1984.
3. Esveld C.:(1986) 'Measuring and rectifying rail roughness and bad welds', Third International Heavy Haul Railway Conference, Vancouver, October 1986.
4. Esveld C.: (1986) 'Three years experience with modern weld treatment', RailInternational/Schienen der Welt, Desember 1986.
5. Esveld C.: (1979) 'The performance of tamping and lining machines', RailInternational/Schienen der Welt, December 1979.
6. Esveld C.: (1984) 'Automatic curve corrections using DRIVER', ORE Colloquium 'Use of micro processors in the diagnostic systems of railway equipment', Budapest, May 1984.
7. McMichael P.L.:(1986) 'Stone blowing from theory to practice', Third International Heavy Haul Conference, Vancouver, October 1986.
8. Waters J.M.: (1981) 'Pneumatic Stone Injection – A means of adjusting track level', Fourth International Rail Track and Sleeper Conference, Adelaide, September 1981.

9. Esveld C.: (1980) 'Einige Erfahrungen mit dem dynamischen Gleisstabilisator (DTS) bei den NS', Glasers Annalen, November 1980.
10. ORE D 117 rp 29: (1983) 'Optimum adaptation of the conventional track to future traffic; Synthesis report', Utrecht, September 1983.
11. NS Leaflet: 'Standards for track maintenance', (VTB), 1982.
12. Groenhuysen F.J.: (1987) 'Construction, maintenance and renewal of tracks' (in Dutch), lecture notes e61, TU Delft, February 1987.

INDEKS

AASHTO, American Association of State Highway and transportation Officials, 301
 α (alfa), sudut simpang arah pada konstruksi wesel, 146
AC, arus listrik bolak-balik. 90
Akselerasi = percepatan, 190
Alinemen, 227, 252
Andas, plat andas, 164, 165
AREA, 132
ASTM (American Society of Testing Materials) D1883, 45, 48
ASTM D422, 45
ASTM D423, 45
ASTM D424, 45
ASTM D698, 46
ASTM D 854
ASTM D1883, 45, 46
ASTM D2166, 45, 46
ASTM D 2434, 46
ASTM D2435, 46
ASTM D2580, 46
ASTM D 2937. 45
ASTM D3080, 46
Atteberg, batas-batas Atteberg, batas dalam mekanika tanah, 45

B

b = notasi lebar bawah bantalan, 176
Balas, 216
Bantalan, 201, 203, 204, 205, 206, 213
Beam on elstic foundation (sitim perhitungan tegangan), 175

β (beta), sudut tumpu pada konstruksi wesel, 132, 146
BH = Bangunan Hikmat seperti jembatan, viaduk, terowongan, 171, 174
BOF = Basic Oxygen Furnace) 108, 109
Bolted rigid frogs (jarum kaku) bagian dari weel, 133
Brinell, satuan kekerasan baja, 72, 101, 124

C

c = setengah jarak antara sumbu vertikal rel, 176
Cavalier, bentuk saluran air, 41
CBR (California Bearing Ratio) ukuran kepadatan material tanah 46, 47, 48
CBR terendam, 44, 45
Cesar, istilah dalam Geologi yang arinya patahan dalam bumi yang berukuran besar. 43
Clothoid = bentuk lengkung peralihan, 236
cm (ukuran panjang), 176
cm² (ukuran uas),
cm³ (ukuran volume), 176
Cornu spiral = clothoid, lengkung peralihan, 199
Culvert = gorong-gorong, 51

D

Daya Angkut Lintas, 14
DB = perusahaan kereta api di Jerman, 190
DC, arus listrik searah, 90
 δ (delta), satuan ketebalan badan rel, 74
DE, DE clip, jenis alat penambat rel, 163, 165, 166, 203
Derailing, 279
Diamond Crossing (Jalan silang), 129
Drainase permukaan (surface drainage), 48
Drainase bawah tanah (sub-drainage), 48, 57
Drainase lereng (slope drainage), 48, 62

Drainase memanjang (side-drainage), 49
Drainase melintang (cross-drainage), 49
DRIVER = Driving by External Reference, 375, 376, 378, 379
DTS = Dynamic Track Stabilizer, 383

E

E = elastisitas, 47, 243
EI = Satuan kekakuan lentur bantalan (bahan pada umumnya), 176
Eisenmann, 288, 289, 293
Emplasemen = deretan jalan rel di pelataran setasiun, tempat kereta api berhenti, 307, 343, 347
ESE (electronic straight edge), alat yang dipakai untuk mengelas rel, 103
EVA 168

F

Fault, istilah dalam Geologi yang artinya patahan, 43
Flens = sayap, sebutan pada bagian roda yang menonjol, 189
Flashbutt (metode pengelasan rel), 89
FROG, 357, 358, 381

G

g = notasi percepatan gravitas, 191
Gandar, beban gandar, 19, 271
Geometri, 225
Gumbel, 54
 G_s = berat jenis tanah, 46
 γ_m (Gamma) = berat isi tanah, 46
GWM 102, 104, 263, 359, 367
GVA, 379

H

h = notasi pertinggian jalan rel pada tikungan bagian luar, 197
Hard centered frogs (jarum keras terpusat), bagian dari wesel, 134
HAZ = Heat Affected Zone, 91, 101
Heukelhom, nama orang penemu rumus perhitungan tegangan, 262
Hz (Herzt), satuan frekuensi, 155

I

ICE = inter city express) kereta cepat di Eropa, 224
Ingot, sistim las rel. 111
ISO (Iso Container Size), ISO untuk peti kemas, 20
Intercapting – saluran di kaki lereng, 62

J

Jalan rel (lintasan jalan kereta api), 29
Jarum (jarum wesel), bagian dari konstruksi wesel, 133

K

ke = modulus reaksi balas (kg/cm^3), 176
 kg/cm^2 = satuan tegangan, 165
kHz (kilo herzt), satuan tahanan listrik, 86
Klomp = nama orang penemu rumus perhitungan tegangan, 262
kN = kiloNewton = satuan berat, 86, 266
km/jam = satuan kecepatan, 241
Koefisien kompresi (C_c), 47
Koefisien konsolidasi (C_v), 47
Koefisien permeabilitas (k), 47
Koefisien kekasaran saluran (u), 55

L

Lantak (rel lantak), 182

Lapisan balas atas, 218

Lapisan balas bawah, 218

Lidah (lidah wesel), bagian dari konstruksi wesel, 182

Listringan, 374, 375, 376, 377

M

MacKay, jenis alat penambat rel, 166, 168

MGT = million gross tonne = satuan untuk mengukur keausan rel,
124, 125, 127, 264

Moveable switch blade (lidaj=h geser) bagian dari wesel, 131

N

Nabla, jenis alat penambat rel, 122, 162

N = Newton, satuan berat, 207

NS (Nederlands Spoor), perusahaan kereta api di Belanda, 91 119,
122, 126, 130, 168, 185

O

Odemark = nama orang penemu rumus perhitungan tegangan,

ORE = Office for Research and Experiments. 120, 130

Overpass = jembatan penyeberangan, di mana lalu lintas
kendaraan berada di bagian bawah, 288

P

Parabola kubus = bentuk lengkung peralihan pada yikungan, 238
Parsial (beban parsial) beban pada perhitungan tegangan rel, 249, 250
PBI (Peraturan Beton Indonesia), 28
PBJRI (Peraturan Bahan Jalan Rel Indonesia), 19, 38, 42, 159, 169, 173, 205
PBN (Peraturan Bangunan Nasional), 28
Pemecokan, 265, 266, 369, 373
Pendrol, jenis penambat rel, 166, 167, 168
Perforated pipe, 61
Perlindungan sebidang (perlindungan jalan rel dengan jalan raya), 24
Peron (plat form)= tempat beraktivitas penumpang di setasiun k.a., 315
Plate Bearing Test, 46
Plat penyambung rel, 82
Portable Cone Penetrometer, 45
Postension (bantalan beton posttension), 210
PKJRI (Peraturan Konstruksi Jalan Rel Indonesia) 27
PKKI (Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia), 28
PPBBI (Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indoneia), 28
PPJRI (Peraturan Perawatan Jalan Rel Indonesia (PPJRI), 19
PPPJRI (Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Rel Indonesia), 19
PUBBI (Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia), 28
Pretension (Bantalan beton pretension), 209
PRF = Pulse Repetition Frequency, 423
Probe, 418, 419

Q

Q = gaya vertikal yang bekerja pada rel, 229, 231, 232
Quasi-statis = gaya statis, gaya centris, dan gaya angin yang bekerja pada rel, 274, 275, 278

R

r = jari-jari roda kereta api

R = notasi jari-jari tikungan jalan rel, 187

Rel, 65, 161

Rel alur (grooved rail), 69

Rel closure, 188

Rel standar (rel Vignola), 66, 67

Rel non-standar, 69

Ruang bangun, 15

Ruang bebas, (ruang di atas jalan rel) 20

R_v = satuan untuk mengukur tanjakan pada jalan rel, 210

RPM = rel panjang menerus, 84, 85, 86, 161, 162, 171, 283, 387, 391, 387, 409, 412

S

Sambungan rel, 73

Sambungan rel melayang, 75

Sambungan rel menumpu, 76

Sambungan muai, 91

Sambungan rel berisolasi, 85

Sambungan rel di jembatan, 87

Sambungan rel dengan las, 89

Seepage (rembean air dalam tanah), 57

Sepur = jalan rel, 187

Setasiun, 308

σ (sigma), satuan tegangan, 249

SNCF, perusahaan kereta api di Perancis, 191

S_k = satuan untuk mengukur landai curam, 216

S_m = satuan untuk mengukur landai oenentu, 216

S_r = derajat kejenuhan tanah, 46

S_t = sentivitas, 47

STRAIT = meluruskan hasil las rel, 102, 104, 262, 263, 264, 355, 359, 363, 365

Swing nose (jarum lentur), bagian dari wesel, 131

T

Talbot, 54

Tg = satuan untuk mengukur keausan rel (lihat MGT), 223

TGV, kereta api kecepatan tinggi di Eropa milik Perancis, 191, 413

TASPAT, 265, 266, 387

Thermit, metode pengelasan rel, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103

Timoshenko = nama orang ahli ilmu mekanika, 293

Track (jalan rel), 178

τ (thaw), satuan tegnagna geer, 245, 246

Twist = skilu = puntir, 185

U

UIC (Union Internationale de Chemin de Fer), Tipe rel, 70, 71, 96, 135

ULTP (Ultra Light Thermit welding Plate), alat last hermit, 102, 103, 104

Unconfined compression test, 47

Underpass = jembatan penyeberangan, di mana lalu-lintas kendaraan berada di bagian atas, 317

V

Von Mises, 291

Vosloh, jenis alat penambat rel, 166

V = velocity (kecepatan), 12, 176

W

Waking (W) waking free board, 52

Wesel, konstruksi persilangan jalan rel k.a., 175

Wesel Inggris, salah satu jenis wesel, 177

W_H = satuan tahanan kemiringan pada rel, 208

W_n = kadar air, 46

Y

Y = gaya lateral yang bekerja pada rel, 2

Z

Zimmermann, 286